

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra požární ochrany

Koncepce zásahového automobilu do městské zástavby

Disertační práce

pro získání akademického titulu „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“

Autor:	Ing. Tomáš Horvát
Školitel:	Dr. Ing. Zdeněk Hanuška
Studijní program:	Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
Studijní obor:	Požární ochrana a bezpečnost

Ostrava, 30. srpna 2011

Abstrakt

Disertační práce je zaměřena na vytvoření reálného návrhu nového konceptu zásahového automobilu do městské zástavby, který u Hasičského záchranného sboru ČR na vytipovaných lokalitách citelně chybí. Na základě provedených průzkumů a analýz a s ohledem na dnešní vybavení jednotek PO v demograficky významných městských aglomeracích budou vytvořeny dva modely požárního automobilu s optimalizovanými technicko-taktickými parametry šasi a nástavby. Zatímco potřebné parametry šasi budou definovány z hlediska zajištění vyšší míry dynamiky vozidla a lepší přístupnosti k objektům ve vztahu k jeho prostorové velikosti (rozměrům), tak parametry účelové nástavby budou zefektivněny návrhem optimálního objemu vodní nádrže na hašení (rozdílného pro oba modely) a požárním příslušenstvím určujícím zařazení a předurčenost konkrétního modelu požárního automobilu. Mimo jiné budou využity i zkušenosti s provozem těchto typů vozidel ze zahraničí.

V rámci práce bude realizováno měření dynamických vlastností konvenčních CAS předurčených pro dopravu a zásahy v městských aglomeracích. Z jízdních testů budou ověřeny některé požadavky kladené na parametry modelů definovaných v dřívějších částech práce. Zároveň bude provedeno hodnocení uvedených reprezentantů CAS z hlediska vhodnosti použití a předurčenosti pro dopravu v městských lokalitách.

Poslední část práce je orientována na propojení skutečných studií požárních automobilů s vydefinovanými (idealizovanými) modely, jejichž parametry byly optimalizovány teoreticky i prakticky při dynamických zkouškách. Pro objektivní určení nejlepší dostupné varianty (studie) požárního automobilu, která bude nejbližší ke kritériálním hodnotám konkrétního, ideálního modelu, bude využito programové aplikace vícekritériálního hodnocení variant. Stanovení hodnotících kritérií a především pak odhad jejich vah (preferencí) bude realizováno skupinou odborníků, jejichž rozdílné subjektivní názory budou statisticky zpracovány do jediného vektoru vah kritérií. Tento vektor určující důležitost jednotlivých hodnotících kritérií (parametrů a ukazatelů) bude vstupem do rozhodovací matice, která bude konstruována pro soubor metod multikritériálního hodnocení variant určujících výsledné řešení rozhodovací úlohy. V samotném závěru jsou nastíněny možnosti dalšího řešení problematiky měření dynamiky vozidel ve vztahu k zjišťování jízdních parametrů požárních automobilů, které mohou být přínosné pro určování vlivu konstrukce účelové nástavby na stabilitu vozidla. Stejně tak budou položeny základy pro efektivní využití multikritériálního hodnocení požárních automobilů v jakémkoli funkčním užití.

Klíčová slova:

požární automobil, dojezdový čas, městská zástavba, parametry strojového spodku vozidla, zkoušky dynamiky vozidel, vícekritériální analýza.

HORVÁT, T. *Koncepce zásahového automobilu do městské zástavby*. Ostrava, 2011. 205 s. Disertační práce. VŠB-TUO.

Abstract

This Doctoral Thesis focuses on creating a real design concept of fire appliance into the urban built-up areas, which at the Fire Rescue Service of the Czech Republic at selected locations are largely absent. Based on the research and analysis with regard to today's fire brigade trucks in the demographically significant urban areas there are two models of fire appliance with optimized technical and tactical parameters of the chassis and body. Whilst the chassis necessary parameters will be defined in terms of providing higher rates of vehicle dynamics and improved truck dimensions for better accessibility to objects at urban built-up areas, the body parameters will be streamlined through the design of an optimally sized water tank to extinguish fire (different for both models) and fire accessories determining the predestination of the models of the fire truck. Experience with the operation of these types of vehicles from abroad will be used as well as.

In the thesis measurements of dynamic properties of conventional (fire engines = CAS) predestination for transport and interventions in urban agglomerations will be carried out. The driving manoeuvres will be verified by some requirements on the parameters of fire truck models defined in earlier parts of the thesis. Also there will be an assessment of those fire engines in terms of suitability for transport in urban areas.

The last part of the thesis focuses on the connection of real studies of the fire appliances with idealized models of fire trucks of which the parameters have been optimized both theoretically and practically in realized experimental measurements. For an objective determination of the best real fire appliance options, which will be closest to the criteria values, a particular, ideal model will be used by software applications in a multicriterion analysis. Setting benchmarks, and especially their estimated scales (preferences), will be implemented by a group of experts, whose differing subjective opinions will be statistically processed into a single vector scales of the criteria. This vector determining the importance of the evaluation criteria (parameters and indicators) will be the input into the decision matrix that will be constructed for the set methods of multicriteria evaluation of alternatives determining the final solution of the decision-making tasks. At the end options for further dealing with the measurement of vehicle dynamics in relation to identifying the parameters of fire engines, which can be useful for determining the influence of the special structure of the body on the stability of the vehicle are outlined. Likewise, foundations for an effective use of multicriterion analysis of fire engines for any kind of their use will be laid.

Key words:

fire appliance, responding time, urban built-up area, chassis parameters, tests of vehicle dynamics, multicriterion analysis.

HORVÁT, T. *The concept of fire appliance into the urban built-up areas*. Ostrava, 2011. 205 p. Doctoral thesis. VŠB Technical university of Ostrava.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval (a) samostatně podle pokynů školitele s použitím literatury uvedené v soupisu bibliografických citací a v souladu se Studijním řádem.

V souladu s § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním celé disertační práce prostřednictvím informačního systému VŠB – TU Ostrava umožňujícího dálkový přístup.

Jsem seznámen (a) s tím, že na mou disertační práci se vztahuje zákon 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že VŠB – TU Ostrava nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu VŠB – TU Ostrava (§ 35 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom (a) povinnosti informovat o této skutečnosti VŠB – TU Ostrava; v tomto případě má VŠB – TU Ostrava právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše (§ 60 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

V Ostravě 30. 08. 2011

.....
Ing. Tomáš Horvát

Předmluva

Důvody, které vedly autora disertační práce k její realizaci, vycházely z praktických zkušeností s problematickou dopravní dostupností mobilní požární techniky v určitých částech městské aglomerace, se kterou se setkával a stále setkává při řešení mimořádných událostí jako příslušník a velitel jednotky HZS Středočeského kraje. Předmětem disertační práce je výzkum, který má za úkol zhodnotit (potvrdit nebo vyvrátit hypotézy) možnosti zlepšení technicko-taktických parametrů dnešních zásahových požárních automobilů provozovaných na zpevněných komunikacích a předurčených pro řešení mimořádných událostí ve městech v hustě zastavěném území (městské zástavbě). Cílem práce je získat potřebná data z měření dynamických vlastností konvenčních požárních automobilů (cisternových automobilových stříkaček), na jejichž základě budou prakticky ověřeny technické parametry a charakteristiky podvozkové části modelů vozidel získaných teoretickou optimalizací. Naměřená data doplní a potvrdí soubor požadovaných technicko-taktických parametrů vydefinovaných pro aplikaci zásahového automobilu do městské zástavby, který tak citelně u HZS ČR chybí. Dalším cílem je taktéž realizovat průzkum trhu s mobilní požární technikou, vytipovat vhodné reprezentanty (vozidla) pro uvedenou aplikaci a provést hodnocení variant na základě zvolených optimalizačních kritérií (parametrů) vozidla. Účelem práce je překonat jakési vakuum ve výbavě jednotek PO zásahovými požárními automobily pro městský provoz a provést sofistikovanou unifikaci nového typu zásahového automobilu v podmínkách HZS ČR.

Zároveň bych chtěl touto cestou poděkovat svému školiteli, panu Dr. Ing. Zdeňku Hanuškoví za účinnou a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování disertační práce. Dále bych rád poděkoval týmu ÚADI VUT v Brně pod vedením Ing. Petra Porteše, Ph.D., vědecko-výzkumnému ústavu TUPO a Ing. Miloši Vedralovi za pomoc při realizaci měření požárních automobilů CAS, Ing. Zbyňku Gregorovi a Ing. Stanislavu Červenému za možnost spolupráce s výrobcem požární techniky při realizaci průzkumu trhu a výběru vhodných vozidel pro kritériální analýzu, Ing. Petru Moldříkovi, Ph.D. za poskytnutí softwaru pro multikritériální hodnocení variant, doc. Ing. Mikuláši Monošimu, PhD., Ing. Stanislavě Kubešové, Mgr. Milanu Novákovi a Ing. Drahomíru Lošákovi za poskytnuté informace, jakož i Ing. Pavlu Lukešovi za poskytnutí nesčetného množství statistických dat z databází GŘ HZS ČR.

Obsah

Abstrakt.....	3
Abstract.....	4
Předmluva	7
Obsah	9
Seznam ilustrací	11
Seznam tabulek	14
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	16
1. ÚVOD	17
1.1. Cíle práce	19
2. REŠERŠE	21
3. STATISTIKY A PROGNOZY	23
3.1. Všeobecné dopravní statistiky ČR	23
3.2. Dopravní statistiky demograficky největších měst ČR.....	25
3.3. Statistiky HZS ČR	29
3.3.1. Průzkum doby dojezdu a rychlosti jízdy zásahových automobilů.....	29
3.3.2. Vyhodnocení vlivu volby hmotnostní třídy zásahového automobilu na dojezdových časech jednotky PO	40
3.3.3. Analýza spotřeby vody u zásahu jednotek PO.....	42
4. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU MOBILNÍ POŽÁRNÍ TECHNIKY U HZS ČR.....	49
4.1. Současná skladba požární techniky jednotek PO ve vybraných HZS krajů	53
4.2. Analýza spolehlivosti šasi prvovýjezdových CAS u HZS ČR	55
5. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA ZÁSAHOVÝ AUTOMOBIL DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY	71
5.1. Dimenzace rozměrů požárních automobilů do městské zástavby z hlediska jejich přístupnosti k objektům	73
5.2. Podmínky přístupnosti požární techniky k objektům ve vybraných evropských zemích	80
5.3. Analýza zásahových činností jednotek PO ve městech za posledních 10 let	84
5.4. Definování základních technických parametrů nástavby a optimalizace požárního příslušenství uvnitř automobilu	94
5.4.1. Základní parametry nástavby prvního modelu požárního automobilu	94
5.4.2. Výbava prvního modelu (CAS) požárním příslušenstvím na základě průzkumu zásahových činností u jednotek HZS ČR.....	95
5.4.3. Základní parametry nástavby druhého modelu požárního automobilu	98
5.4.4. Výbava druhého modelu (AS) požárním příslušenstvím na základě průzkumu zásahových činností u jednotek HZS ČR.....	99
5.5. Srovnání modelů požárních automobilů do městské zástavby se zahraničními ekvivalenty včetně podmínek provozu	102
5.5.1. Zahraniční ekvivalenty prvního modelu (CAS) zásahového automobilu do městské zástavby	103

5.5.2. Zahraniční ekvivalenty druhého modelu (AS, resp. RZA) zásahového automobilu do městské zástavby	105
6. DYNAMICKÉ ZKOUŠKY - VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VYBRANÝCH POŽÁRNÍCH AUTOMOBILŮ.....	109
6.1. Měřicí systém.....	110
6.2. Popis měřených a vypočtených signálů	111
6.2.1. Měření rychlostních veličin	111
6.2.2. Měření veličin zrychlení	113
6.2.3. Měření úhlové (stáčivé) rychlosti	114
6.3. Systém vyhodnocení měření	116
6.4. Zkoušky dynamiky požárních vozidel	116
6.4.1. Závěry z měření dynamiky vozidel využitelné v praxi.....	121
6.5. Zkoušky směrové stability požárních automobilů	123
6.5.1. Závěry z testů směrové stability využitelné v praxi	132
6.6. Uživatelsky definované zkoušky pro daný účel požárních automobilů	135
6.7. Závěrečné zhodnocení zkoušek	143
7. DEFINOVÁNÍ PARAMETRŮ PRO PODVOZKOVOU ČÁST POŽÁRNÍHO AUTOMOBILU DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY	147
7.1. Prostorové parametry šasi a kabiny	147
7.2. Poháněcí soustava	148
7.3. Provedení kabiny	148
7.4. Další požadavky na šasi a kabinu	149
8. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VÝBĚRU VHODNÉHO POŽÁRNÍHO AUTOMOBILU DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY	151
8.1. Průzkum trhu s požární technikou	151
8.2. Určení hodnotících kritérií pro analýzu	152
8.3. Určení vah kritérií pro analýzu	154
8.4. Metody pro vícekritériální hodnocení variant	158
8.4.1. Metoda váženého součtu – WSA [39]	159
8.4.2. Metoda ideálních bodů – IPA [39]	160
8.4.3. Metoda TOPSIS [39]	160
8.4.4. Metoda shody a neshody – CDA [39]	161
8.5. Vlastní realizace multikriteriální analýzy a výsledné hodnocení požárních automobilů.....	162
9. DOPORUČENÍ DALŠÍHO POSTUPU	167
10. ZÁVĚR.....	169
11. CONCLUSION AND ANOTHER RECOMMENDATIONS PROCEDURE	171
Soupis bibliografických citací	173
Seznam vlastních prací autora	177
Příloha A	178
Příloha B	196

Seznam ilustrací

Obr. 1 Počet os. automobilů v Česku v porovnání s počtem obyvatel, [1].....	23
Obr. 2 Růst intenzity automobilové dopravy 1990-2005, [5].....	25
Obr. 3 Stupeň automobilizace – mezinárodní srovnání rok 2005, [5].....	26
Obr. 4 Denní variace intenzity automobilové dopravy rok 2005, [5].....	28
Obr. 5 Srovnání průměrných rychlostí vozidel JPO ve vybraných městech ČR.....	30
Obr. 7 Průměrné rychlosti vozidel HZS Praha ve městě v roce 2007	31
Obr. 8 Průměrné rychlosti vozidel HZS JMK, UO Brno ve městě v roce 2007.....	32
Obr. 9 Průměrné rychlosti vozidel HZS MSK, UO Ostrava ve městě v roce 2007	32
Obr. 10 Průměrné rychlosti vozidel HZS Plzeňského kraje, UO Plzeň ve městě v roce 2007	33
Obr. 11 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO hl.m Prahy	35
Obr. 12 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO ÚO Ostrava.....	35
Obr. 13 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPOÚO Brno	36
Obr. 14 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO ÚO Plzeň	36
Obr. 15 Počet zásahů rozdělený podle doby jízdy k zásahu v největších městech ČR v roce 2005	37
Obr. 16 Počet zásahů rozdělený podle doby jízdy k zásahu v největších městech ČR v roce 2007	38
Obr. 17 Průměrné rychlosti jízdy k zásahu za celý rok v průběhu dne u jednotek HZS hl.m.Prahy, 2000 – 2007, [5]	39
Obr. 18 Podíl zásahů dle intervalu spotřeby vody u zásahu v rámci celé ČR pro léta 2005 – 2007	43
Obr. 19 Počet výjezdů k požárům a výjezdy při níž byly použity vodní proudy typu C a D	43
Obr. 20 Procentuální rozdělení požárů dle místa jejich vzniku.....	44
Obr. 21 Vývoj průměrné spotřeby vody u zásahu vzhledem k rostoucímu intervalu spotřeb	45
Obr. 22 Vyjádření četnosti zásahů JPO ve městech dle intervalů spotřeby vody u zásahu.....	46
Obr. 23 Růst průměrné spotřeby vody u zásahu v závislosti na zvětšujícím se intervalu spotřeby vody vybraných jednotek PO	46
Obr. 24 Četnost výjezdů k požárům ve městech dle intervalu spotřeby vody u zásahu pro léta 2005 - 2007	47
Obr. 25 Průběhy hustoty pravděpodobnosti poruchy pro vozidla podrobené analýze určující za jakou dobu provozu (proběhu) dojde k jejich poruše	64
Obr. 26 Grafické vyjádření ekonomické optimalizace životnosti CAS u HZS ČR.....	67
Obr. 27 Typ dvoupruhé místní komunikace MS2p 15/11,5/50 funkční skupiny B a C směrově rozdělené s jízdním pruhem pro cyklisty v hlavním dopravním prostoru nebo přidruženém prostoru (nahore), resp. typ místní komunikace MO2d 15/9/30 se směrovým rozdělením (dole), [23]	75
Obr. 28 Typ dvoukruhové místní komunikace MO2 10/6,5/30 směrově rozdělené (nahore), resp. typy jednopruhových místních komunikací MO1 5/3,5/30 funkční skupiny C (dole), [23]	76
Obr. 29 Nároží křižovatek a jejich kružnicové oblouky, [22]	77
Obr. 30 Skutečné kružnicové oblouky v případě nedostatečného prostoru v křižovatce, [22]	78

Obr. 31 Schématický nákres přístupové komunikace s nástupní plochou s odpovídajícími parametry dle německých předpisů, [27].....	83
Obr. 32 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS hl.m. Prahy u jednotlivých typů MU	86
Obr. 33 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Brno u jednotlivých typů MU	87
Obr. 34 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Ostrava u jednotlivých typů MU	87
Obr. 35 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Plzeň u jednotlivých typů MU	88
Obr. 36 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu požár	89
Obr. 37 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu technická havárie	90
Obr. 38 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu DN ..	92
Obr. 39 Porovnání zásahových činností uvedených jednotek prováděných při zásazích na NL	93
Obr. 40 Cisternová automobilová stříkačka APS city na podvozku Iveco-Magirus ve službách italských hasičů, [28, http://www.iveco-magirus.de]	103
Obr. 41 Cisternová automobilová stříkačka LF 10/6 CL na podvozku MAN TGL 12.250 4x2 BL sloužící v německém Esslingenu, [http://www.rosenbauer.com].....	104
Obr. 42 Cisternová automobilová stříkačka FPTL na šasi Renault Midlum 220/10 B sloužící např. v Lyonu, [http://www.camiva.com , http://pompiersdurhone.e-monsite.com].....	105
Obr. 43 Standardizovaný požární automobil TSF-W (Tragkraftspritzenfahrzeug) na šasi IVECO MAGIRUS Daily 70 C17 užívaný německými sbory, [http://www.iveco-magirus.de]	106
Obr. 44 Lehký městský požární automobil na podvozku Renault Mascott 160.65 ve výbavě polských hasičů z Varšavy, [http://www.wawraszsek.pl , http://warszawa-straz.kei.pl].....	107
Obr. 45 Standardizovaný požární automobil VPI (véhicules de premières interventions) na šasi IVECO Daily ve službách francouzských hasičů v Marseille ,[http://www.camiva.com , http://www.marinspompiersdemarseille.com].....	107
Obr. 46 Vyznačení místa měření dynamických testů vozidel (černý obdélník).....	117
Obr. 47 Průběh akceleračního testu vozidla č.1 (v, Ax-t) s vyznačením veličin rychlosti (žlutě) a zrychlení v závislosti na čase (červeně)	118
Obr. 48 Průběh zrychlení vozidla závislosti na rychlosti v porovnání s křivkami zrychlení odpovídajícími konstantnímu výkonu, v tomto případě (P = 100 kW, P = 150 kW a P = 115 kW)	118
Obr. 49 Průběh akceleračního testu na 3. převodový stupeň vozidla č.2 (v, Ax-t) s vyznačením veličin rychlosti (modře) a závislosti zrychlení na čase (červeně)	120
Obr. 50 Průběh testu brzdné dráhy s vyznačenými veličinami zpomalení (červeně) a rychlosti (modře, žlutě) na časové ose	125
Obr. 51 Porovnání poměru stáčivých rychlostí (měřeného a referenčního vozidla) v čase 1 s po začátku brzdění v definované zatáčce	129
Obr. 52 Skutečná zkušební trať dle metodiky ISO 3888-1 pro vyhybací manévry - losí test	129
Obr. 53 Průběh zaznamenávaných veličin při losím testu.....	131
Obr. 54 Poloha měřících bran (beacon) na okruhu jízdy zručnosti	137
Obr. 55 Profil tratě jízdy zručnosti v městské zástavbě.....	138
Obr. 56 Detailní pohled na části tratě, které simulovaly situace v městské zástavbě a kde se provádělo podrobnější vyhodnocení	138

Obr. 57 Průměrné hodnoty max. rychlosti a zrychlení při průjezdu úseku jízdy zručnosti s překážkami a 4 zatáčkami	139
Obr. 58 Rychlostní profil průjezdu CAS zúženým koridorem ve směru užšího jízdního profilu.....	140
Obr. 59 Míra velikosti průměrného zrychlení CAS vzhledem k její stabilitě vyjádřené stáčivou rychlostí	142

Seznam tabulek

Tab. 1 Počet os. vozidel (automobilizace) ve vybraných zemích EU, [4].....	24
Tab. 2 Průměrný meziroční nárůst automobilové dopravy v Praze, [5]	27
Tab. 3 Výsledky prověřovacího cvičení zjišťující rozdíl doby dojezdu jednotky a průměrné rychlosti jízdy k zásahu u vybraných vozidel	40
Tab. 4 Struktura zastaralosti mobilní požární techniky u HZS ČR, rok 2005 [14]	49
Tab. 5 Analýza programu obnovy a jeho vliv na stáří CAS v letech 2006 – 2012, [14]....	50
Tab. 6 Současný stav prvovýjezdových CAS u vybraných HZS krajů	53
Tab. 7 Procentuální podíl poruchovosti šasi CAS dle jejich funkčních celků.....	58
Tab. 8 Pořadí poruchovosti vzhledem k počtu kritických poruch na šasi prvovýjezdových CAS.....	59
Tab. 9 Pořadí spolehlivosti (poruchovosti) šasi vybraných CAS	60
Tab. 10 Pořadí nákladovosti (hospodárnosti) oprav šasi CAS s dobou provozu cca 5 let v porovnání s požárními automobily s dobou provozu vyšší než 10 let.....	65
Tab. 11 Srovnání provozních nákladů u vybraných CAS za 10 let provozu u HZS ČR [18,19]	67
Tab. 12 Poloměry obrub vnitřní hrany oblouků místních komunikací v metrech, [23]	77
Tab. 13 Nejmenší poloměry kružnicových oblouků okrajů jízdního pruhu silnic podle druhu automobilu v metrech, [22]	79
Tab. 14 Parametry přístupových komunikací pro vybranou požární techniku dle LFEPa, [25].....	81
Tab. 15 Minimální šířky jízdního pruhu zatáčky vzhledem k jejímu navrhovanému poloměru, [27]	83
Tab. 16 Srovnání počtu jednotlivých událostí ve vybraných sborech HZS ČR za posledních 10 let	86
Tab. 16 Požární automobily podrobené dynamickým zkouškám.....	109
Tab. 17 Naměřené hodnoty při akceleračním testu u vozidla č.1	117
Tab. 18 Naměřené hodnoty při akceleračním testu na 3. převodový stupeň u vozidla č. 2	120
Tab. 19 Dílčí pořadí a dosažené bodové hodnocení požárních automobilů z hlediska jejich dynamiky	121
Tab. 20 Naměřené hodnoty při testu brzdné dráhy při rychlosti 60 km/h u vozidla č. 4 ..	124
Tab. 21 Výsledky první části zkoušek směrové stability zahrnující brzdění v přímém směru	125
Tab. 22 Naměřené a dopočítané hodnoty při testu brzdění v zatáčce z rychlosti 40 km/h pro vozidlo č. 5.....	128
Tab. 23 Naměřené hodnoty při vyhýbacím manévru - losím testu z rychlosti 60 km/h pro vozidlo č. 6.....	131
Tab. 24 Tabulka pořadí dle jedenáctého hodnotícího kritéria – max. stáčivá rychlost vozidla při losím testu.....	132
Tab. 25 Tabulka pořadí dle dvanáctého hodnotícího kritéria – obrysový průměr zatáčení vozidla.....	136
Tab. 26 Dílčí pořadí zkoušky jízdy zručnosti dle posledních tří hodnotících kritérií v rámci dynamických zkoušek požárních automobilů	142
Tab. 27 Tabulka konečného pořadí CAS podrobených komplexu dynamických zkoušek a hodnocení podle patnácti kritérií	143
Tab. 28 Seznam kritérií pro multikriteriální analýzu hodnocení požárních automobilů ...	154

Tab. 29 Odhad vah kritérií konkrétního rozhodovatele z expertní skupiny pomocí Bodovací metody	155
Tab. 30 Odhad vah kritérií konkrétního rozhodovatele ze skupiny pomocí metody Fullerova trojúhelníku.....	156
Tab. 31 Výsledek statistického zpracování vah kritérií	157
Tab. 32 Výsledek statistického zpracování vah kritérií	163
Tab. 33 Výsledková tabulka vícekritériálního hodnocení variant první skupiny vozidel .	164
Tab. 34 Výsledková tabulka vícekritériálního hodnocení variant druhé skupiny vozidel.	165

Seznam použitých symbolů a zkratk

ABS	Anti-block system (protiblokovací systém brzd vozidla)
AFS	Advanced front lighting system (pokročilé přední osvětlení automobilů)
AKU	akumulátorová baterie vozidla
AS	Automobilová stříkačka (druh požárního automobilu)
ASR	Anti-slip regulation (systém regulace prokluzu kol vozidla)
CAS	Cisternová automobilová stříkačka (druh požárního automobilu)
ESP	Electronic stability program (elektronický stabilizační program vozidla)
EHK/OSN	Evropská hospodářská komise Organizace spojených národů
EHS/ES	Evropské hospodářské společenství/Evropské společenství
EU	Evropská unie
FŠI ŽU	Fakulta Speciálního inženýrství Žilinské Univerzity
GŘ HZS ČR	Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky
HS	hasičská stanice (přiřazené číslo pak odpovídá číslu stanice v hierarchii hasebních obvodů)
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
HZS MSK	Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
HZS JMK	Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje
IZS	integrovaný záchranný systém
LFEPa	London fire & emergency planning authority
MB	Mercedes-Benz (označení výrobce automobilů)
ME	měření emisí vozidel
PPLA	Protiplynový automobil (druh požárního automobilu)
PNEU	pneumatiky (obutí) vozidla
PHM	pohonné hmoty
ŘSS HZS ČR	řád strojní služby Hasičského záchranného sboru České republiky
ŘSaD ČR	Ředitelství silnic a dálnic České republiky
RZA	Rychlý zásahový automobil (druh požárního automobilu)
SDH	sbor dobrovolných hasičů
SDIS	Le service départemental d'incendie et de secours
SSU-ZOZ	Statistické sledování událostí – Zpráva o zásahu
STK	stanice technické kontroly (provádějící technické kontroly vozidel)
TACH	Technický automobil chemický (druh požárního automobilu)
THT	Továrna hasičské techniky, s.r.o. Polička
TPPO	technické prostředky požární ochrany
TÚPO	Technický ústav požární ochrany
ÚADI	Ústav automobilního a dopravního inženýrství VUT Brno
ÚO	územní odbor
VUT	Vysoké učení technické v Brně

1. ÚVOD

Dlouhodobý trend zvyšující se životní úroveň společnosti nejen v celé Evropské unii, ale i v České republice (dále jen „ČR“) vede k tomu, že obyvatelstvo stále zvyšuje nároky na obohacení života hmotnými statky a přispívá tak k celkovému komerčnímu způsobu života dnešní společnosti. Kromě kladů, které jsou pro většinu obyvatel nesporné, přináší tento trend i negativní jevy. Jedním z nich je i zvyšující se motorizace nebo lépe řečeno automobilizace obyvatelstva, která souvisí se stále rostoucím počtem automobilů v hustě osídlených geografických útvarech a na pozemních komunikacích.

Na začátku roku 2010 bylo v naší republice registrováno cca 7,1 mil. silničních vozidel bez rozdílu druhu, přičemž více jak 4,4 mil. připadlo na osobní automobily, což je ve srovnání s rokem 2000 nárůst o více jak 1 mil. osobních motorových vozidel. Velké množství automobilů se nejen negativně podepisuje na životním prostředí, dopravních problémech ve velkých městech a na hlavních dopravních tazích napříč republikou, ale začíná se dotýkat každodenně velkého množství lidí v souvislosti s vysokou hustotou a intenzitou silniční dopravy vedoucí v určitých lokalitách až ke kongesci, tedy stavu, kdy je zcela vyčerpána kapacita dopravní cesty, způsobující závažné narušení plynulosti silničního provozu. Dalším souvisejícím faktem jsou nedostatečné kapacity parkovacích a odstavných ploch jak v centrech hustě osídlených měst, tak na sídlištích, které jednak nelze díky dřívějším trendům urbanistické výstavby a stávajícím podmínkám koncentrace zástavby jednoduše navyšovat, na druhou stranu ani nejsou schopny časově zachytit enormní nárůst vozidlového parku. Stávající a často dosti zastaralá dopravní infrastruktura vnitřního, ale i vnějšího dopravního kordonu měst není schopna pojmout uvedený nárůst dopravního parku v ČR, což vede ještě k rychlejšímu zhoršení stavu a parametrů pozemních komunikací.

Tato celková situace se promítá i do zásahové činnosti jednotek požární ochrany (dále jen „jednotek PO“), jejíž součástí je i doprava vozidla na místo mimořádné události (dále jen „MU“). Úkolem jednotek PO je dostat se co nejrychleji, ale zároveň co nejbezpečněji na místo MU a poskytnout potřebnou pomoc vyplývající z povahy zásahu tak, aby byly v co největší míře uchráněny životy a hodnoty občanů ČR. Výše uvedené negativní vlivy každodenně ovlivňují zásahovou činnost hasičů a dochází tím reálně k snížení ochrany obyvatelstva před újmou vzniklou MU, jelikož zhoršená dopravní situace a hustá dopravní infrastruktura v intravilánu měst již na úrovni okresních sídelních celků způsobuje zdržení při jízdě a dojezdu jednotek PO. Je třeba brát v potaz skladbu mobilní požární techniky Hasičského záchranného sboru ČR (dále jen „HZS ČR“), která je složená převážně z motorových vozidel vyšších hmotnostních kategorií, tedy nákladních automobilů, speciálně upravených pro potřeby hasičů jak pro jízdu, tak pro zásah. Tyto vozidla však mívají problémy díky svým rozměrovým a hmotnostním parametrům, a to nejen co se týče samotné dynamiky jízdy k zásahu v hustém dopravním provozu (dynamické dopravě), ale i v dostupnosti některých lokalit, z důvodu velkého množství odstavených automobilů (statické dopravě) a úzkému průjezdnému profilu místních komunikací ve městech.

Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR (dále jen „GŘ HZS ČR“) si začalo být vědomo tohoto negativního trendu, který se v podobě informací o zhoršené dopravě jednotek PO k místům MU z hasičských záchranných sborů krajů (dále jen „HZS krajů“) stále častěji objevoval. Stále razantněji se tak začal projevovat deficit ve výbavě

jednotek HZS ČR mobilní požární technikou určenou speciálně pro provoz na zpevněných komunikacích v hustě osídlených městských lokalitách, se kterou mají okolní evropské státy, ale i demograficky a geograficky největší města Evropy dobré zkušenosti. Bylo zapotřebí začít řešit tento problém systémově z několika perspektiv, a to jak z hlediska požární prevence, tak požární represe.

Možností řešení tohoto problému je hned několik. Jedním z nich je výstavba nových hasičských stanic blíže dopravně kritickým profilům, kde se stabilně vyskytují dopravní kongesce, díky velké intenzitě a hustotě silničního provozu. Tyto stavy totiž mohou prodloužit dojezdový čas až nad hodnoty, které dříve vyhovovaly v rámci systému plošného pokrytí určitého území jednotkami PO. Reálně se tak zmenšuje oblast (akční rádius), ve které mohou hasiči rychle a efektivně zasáhnout, dle zákonem stanovených limitů. Toto řešení však není vůbec jednoduché a je spíše perspektivní z dlouhodobého hlediska. Komplikace při hledání vhodných pozemků pro novou výstavbu v hustě osídlených městech, až stamilionové investice do projekce a realizace vlastní výstavby stanice, jakož i komplikovaná legislativně-administrativní agenda prodlužuje časový horizont vlastní realizace tohoto řešení často na 5 a více let.

Druhou možností jak docílit toho, aby jednotky PO byly dopravou při jízdě k události ovlivněny co nejméně, je nastavení takových právních, normativních a technickoorganizačních podmínek, které budou respektovat požadavky hasičů na dopravně-inženýrské a požárně-bezpečnostní parametry průjezdných profilů místních komunikací ve vztahu k velikosti a hmotnosti zásahových požárních automobilů. Tyto podmínky, spolu s prioritou demograficky největších měst ČR odvést část dopravy z vnitřní části města (zbudováním vnitřních městských okruhů v návaznosti na okruhy vnější), mají potenciál kladně ovlivnit dopravní dostupnost jednotek PO v těchto lokalitách. Nedílnou součástí tohoto řešení je změna dopravně-provozního právního rámce, v tomto případě se jedná o silniční zákon, resp. vyhlášku o provozu na pozemních komunikacích, který by výše uvedené požadavky hasičů reflektoval. Pouze jejich bezpodmínečné dodržování všemi účastníky silničního provozu povede ke zlepšení nebo minimálně k stabilizaci situace v přístupnosti městské zástavby pro mobilní požární techniku. Nevýhodou tohoto řešení je také dlouhý čas realizace, který je spojen s legislativním a normotvorným procesem a možností, že se nepodaří prosadit nové požadavky hasičů nad jiný veřejný zájem.

Jednou z alternativ, která má oproti dříve zmiňovaným řešením tu výhodu, že je jak časově, tak finančně poměrně příznivější, je eliminace negativního vlivu aktuální dopravní situace a koncentrované městské zástavby včetně dopravní sítě při jízdě k zásahu. Tento způsob řešení vychází z představy, že dle požadavků vyplývajících z podmínek na dopravně kritických lokalitách budou zoptimalizovány technicko-taktické parametry pro zásahové požární vozidlo předurčené pro zásah do městské zástavby (intravilánu demograficky významných měst od úrovně okresních sídelních útvarů), na jejichž základě bude provedeno obecné technické řešení zásahového automobilu. V praxi by to znamenalo, že na vytipovaných městských lokalitách ovlivněných dynamickou a statickou dopravou by jednotky PO provozovaly zásahové požární automobily, které by měly oproti konvenčně užívaným automobilům vhodnější parametry. Optimalizovaná hmotnost a vnější prostorové rozměry mající přímý vliv na ovladatelnost a stabilitu vozidla by umožnily patřičnou dostupnost a průjezdnost místních komunikací, zatímco vyšší dynamika hnacího agregátu vozidla by se pozitivně promítla při jízdě v silničním provozu městskou aglomerací. Mimo jiné je smělým záměrem tohoto řešení zachovat i v budoucnu

při prognózovaném růstu dopravních výkonů silniční dopravy a automobilizace obyvatelstva dojezdové časy na úrovni poskytující garantovanou a potřebnou ochranu obyvatel ČR jednotkami PO.

Definováním zásahového požárního automobilu do městské zástavby včetně návrhu základních technicko-taktických parametrů se zabývá tato disertační práce.

1.1. Cíle práce

Disertační práce je zaměřena především na získání dostatečného množství vstupních údajů o provozu konvenčních cisternových automobilových stříkaček (dále jen „CAS“) jako nejužívanějšího druhu zásahového požárního automobilu v podmínkách HZS ČR. V této kapitole jsou stanoveny jednotlivé dílčí cíle, které je třeba splnit, aby bylo možné efektivně a účelně optimalizovat technicko-taktické parametry pro nový koncept požárního automobilu do městské zástavby s reálným využitím u HZS ČR v budoucnu.

1. Jedním ze základních cílů je navrhnout pro potřeby HZS ČR zcela reálnou podobu funkčně nového požárního automobilu, který bude dostatečně přizpůsoben pro potřeby rychlejší odezvy jednotek PO při řešení MU v městské zástavbě intravilánu demograficky významných měst ovlivněných vysokou intenzitou silniční dopravy.

S uvedenou tematikou souvisí i řešené hypotézy:

- Růst objemu silniční dopravy a dopravních výkonů v níže uvedených městech za poslední dekádu způsobil prodloužení dojezdových časů jednotek PO, resp. snížení průměrné rychlosti jízdy požárních automobilů k zásahu.
- Výše pořizovací (kupní) ceny šasi CAS má přímý vliv na její spolehlivost a následně i na optimální dobu životnosti vzhledem ke kumulativním udržovacím nákladům.

Stěžejní částí bude definice základních požadavků a konkrétních technických parametrů pro podvozkovou část, resp. šasi automobilu a část účelové nástavby, na jejímž základě budou navrženy typové modely požárních automobilů pro toto řešení. Uvedená definice požadavků a parametrů včetně jejich optimalizace (teoretický model) oproti konvenčním řešením požárních automobilů bude vyplývat z řešení problematiky přístupových komunikací pro požární techniku jednotek PO a z provedených analýz, které se týkají čtyř demograficky největších (nejlidnatějších) měst ČR - Prahy, Brna, Ostravy a Plzně:

- Analýza dojezdových časů jednotek PO,
- Analýza spotřeby vody u zásahu jednotek PO,
- Spolehlivost strojového spodku (šasi) prvovýjezdových CAS u HZS ČR,
- Analýza zásahových činností jednotek PO za posledních 10 let.

2. Dalším z cílů práce je praktické ověření vlastností konvenčních požárních automobilů CAS předurčených pro zásahovou činnost a provoz v městských lokalitách při zkouškách jízdní dynamiky, u kterých bude probíhat měření akceleračních

(výkonových) parametrů vozidel, směrové stability (dynamická řiditelnost, brzdění v přímém směru, resp. při zatáčení) a geometrických parametrů. Před vlastní realizací zkoušek bude vytvořena metodologie měření jízdních vlastností požárních automobilů CAS s předurčením pro provoz do městské zástavby. Sestavení měřicího systému a vlastní měření u zkoušek bude realizováno vybavením výzkumného týmu dostupným na Ústavu automobilního a dopravního inženýrství (dále jen „ÚADI“) VUT Brno, který se bude podílet spolu s TUPO na realizaci měření. Z výsledků měření bude možné určit a porovnat dle stanovených kritérií vhodnost měřených reprezentantů pro aplikaci požárního automobilu do městské zástavby. Ze zjištěných výsledků měření a subjektivních hodnocení měřených vozidel budou vydefinovány doporučení pro tento druh vozidla.

3. Důležitým a zároveň posledním cílem, který si klade tato práce, je realizace multikriteriální optimalizace reálných parametrů navržených studií požárních automobilů ve vztahu k typovým modelům vydefinovaných v dřívějších částech práce. Pro oba modely požárního automobilu bude průzkumem trhu (spolurealizován s výrobcem požární techniky THT, s.r.o. Polička) sestaven seznam variant dostupných výrobků na trhu, které budou odpovídat definici základních požadavků kladených na požární automobil (model) do městské zástavby. Vlastní kritéria budou představovat nejdůležitější technicko-taktické parametry typových modelů, které budou předloženy expertnímu týmu sestavenému z řad uživatelů (HZS ČR), akademiků a odborníků na požární techniku, resp. konstrukci nákladních vozidel. Ve skupině odborníků bude také zpracovatel této práce. Důležitým aspektem bude stanovení vah jednotlivých kritérií pro optimalizační analýzu. Odhad vah (preferencí důležitosti kritérií) bude určovat expertní skupina tak, že každý odborník ohodnotí dle daného klíče jednotlivá kritéria. Subjektivní hodnocení každým členem odborné skupiny bude statisticky zpracováno Mediánovou souřadnicí, která určí jediný (výsledný) vektor vah kritérií. Vlastní vícekriteriální hodnocení variant bude sestaveno a realizováno za pomoci programového prostředí MCA7 [38], resp. MCA8 [39] vytvořeného na VŠB – TU Ostrava, katedře elektroenergetiky a informatiky. V tomto softwaru je implementováno až 6 různých metod vícekriteriálního hodnocení variant, čímž bude zajištěna dostatečná úroveň objektivity výběru. Výsledkem bude uspořádání variant od „nejlepší“ (optimální) varianty až po nejhůře hodnocenou na základě preferencí rozhodovatelů (expertní skupiny). Vzájemným srovnáním skutečných variant vozidel (v pořadí od optimální varianty) s imaginárním modelem bude zjištěno, jak dalece je možné konkrétním reprezentantem realizovat model požárního automobilu do městské zástavby v praxi. Zároveň bude snahou v závěru práce naznačit další úkoly k řešení v oblasti využití výsledků dynamických zkoušek CAS, vícekriteriálního hodnocení variant a jejich aplikovatelnost pro definování unifikovaných požárních automobilů v rámci HZS ČR.

2. REŠERŠE

Na úvod je nutno říci, že dosavadní stav poznatků v oblastech zaměřených na téma disertační práce včetně poznatků, které dříve nashromáždila vědecká komunita, resp. praxe je poměrně omezený, a to i díky úzké specifičnosti tématu disertace. Vědecká komunita na VŠB-TUO, Fakultě Bezpečnostního inženýrství se v poslední době zabývá zjišťováním spolehlivosti a optimalizací provozu požární techniky obecně, což se částečně dotýká tématu této práce. Ovšem na Žilinské univerzitě, Fakultě Speciálního inženýrstva pracuje vědecký tým kolem pana doc. Monošiho na metodice zjišťování optimálních parametrů zásahových požárních automobilů za pomoci vícekritériálního hodnocení variant, což už jsou poznatky, které se dají aplikovat na jeden z cílů této disertační práce. Z hlediska praxe jsou dosavadní poznatky velmi chudé, jelikož touto problematikou se generálním ředitelství HZS ČR před zadáním disertační práce blíže nezabývalo, a tudíž nejsou vydefinovány žádné konkrétnější podmínky pro zásahové automobily do městské zástavby, než ty obecné, které v podmínkách ČR definuje norma ČSN EN 1846. Co se týče čerpání poznatků ze zahraničí lze konstatovat, že např. Německo má velice dobře propracovaný systém standardizace požární techniky včetně standardu zásahového vozidla pro rychlý zásah ve městech a to formou norem DIN 14530. Podobně existují standardní typy požárních automobilů pro rychlý zásah v městské aglomeraci ve Francii nebo Velké Británii, je však třeba počítat s tím, že díky rozdílným místním podmínkám a předpisům, není možné provést jednoduchou transformaci do našich podmínek. Abych získal další podklady pro naplnění cílů disertace, provedl jsem literární rešerši, která mě odkázala na tištěné i elektronické literární zdroje, které se následně staly důležitou teoretickou součástí práce. Ty nejdůležitější skupiny bibliografických dokumentů uvádím níže.

1. Sbírka zákonů ČR. Vyhláška MV: vyhláška č. 35/2007 Sb., o technických podmínkách požární techniky. In 35/2007. 2007.
ČSN EN 1846-2. *Požární automobily – část 2: Obecné požadavky - Bezpečnost a provedení*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
Řád strojní služby HZS ČR. Praha: MV – GR HZS ČR, 2007.

Tyto tři dokumenty jsou základními prameny, které určují všeobecné technické podmínky a požadavky kladené z hlediska provozu a bezpečnosti na požární automobily, resp. v širším slova smyslu na zásahové automobily (požární techniku).

2. Ministerstvo dopravy. *Zpráva z celostátního sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2005*. Praha: ŘSAD, 2006.
Ministerstvo dopravy. *Ročenky dopravy z let 2009, 2008, 2007*. Praha: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2010.
Technická správa komunikací Praha. *Ročenky dopravy Praha 2009, 2008, 2007*. Praha: UDI- TSK Praha, 2011.

Tyto literární zdroje se staly opěrným bodem pro rozbor a analýzu dnešní dopravní situace na silniční síti včetně největších měst ČR, která zároveň ovlivňuje dopravu jednotek PO požárními automobily k místům mimořádných událostí.

3. ČSN 730802. *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha: Český normalizační institut, 2009.

ČSN 736102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN 736110. *Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

Fire safety guidance note GN 29. *Access for fire appliances*. London: London fire & emergency planning authority, 2007.

Note d'information NI-002 c. *Relative à l'accessibilité des bâtiments aux véhicules de secours*. 2009.

DIN 14 090. *Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., 2003.

Třetí skupinou literárních zdrojů, z nichž jsem čerpal byly národní předpisy a normativy evropských zemí zabývající se problematikou přístupových místních komunikací a nástupních ploch pro požární techniku. Z těchto zdrojů tak bylo možné porovnat stávající stav zajištění volného přístupu k objektům v ČR pro jednotky PO a jejich vozidla vzhledem k obvyklé praxi v Evropě.

4. VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. Vydavatelství František Vlk. Brno, 2003.

FIRST, J.; A KOL. *Zkoušení automobilů a motocyklů - příručka pro konstruktéry*. Praha: ČVUT, 2008.

Uvedené publikace byly velmi cennými teoretickými zdroji pro přípravu a vlastní realizaci měření dynamických vlastností požárních automobilů CAS v rámci výzkumu, ověřování a definování optimalizace základních technicko-taktických parametrů zásahových vozidel předurčených pro zásahovou činnost v městské aglomeraci.

5. STODOLA, J. *Provozní spolehlivost a diagnostika*. Brno: Vojenská akademie v Brně, 2002.

MONOŠI, M.; KAPUSNIAK, J. Rozbor poruchovosti automobilov hasičskej záchrannej služby. In *Opotřebení, spolehlivost, diagnostika 2009 : Konferencia s medzinárodnou účasťou*. UO Brno: Tribun EU s.r.o., 2009.

Tento literární zdroj byl využit jako teoretický základ pro posouzení provozní spolehlivosti nejextrémněji zatěžovaných funkčních částí vytipovaných požárních automobilů CAS v podmínkách HZS ČR v rámci analýzy spolehlivosti strojového spodku prvovýjezdových CAS u HZS ČR.

6. JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum – Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional publishing, 2002.

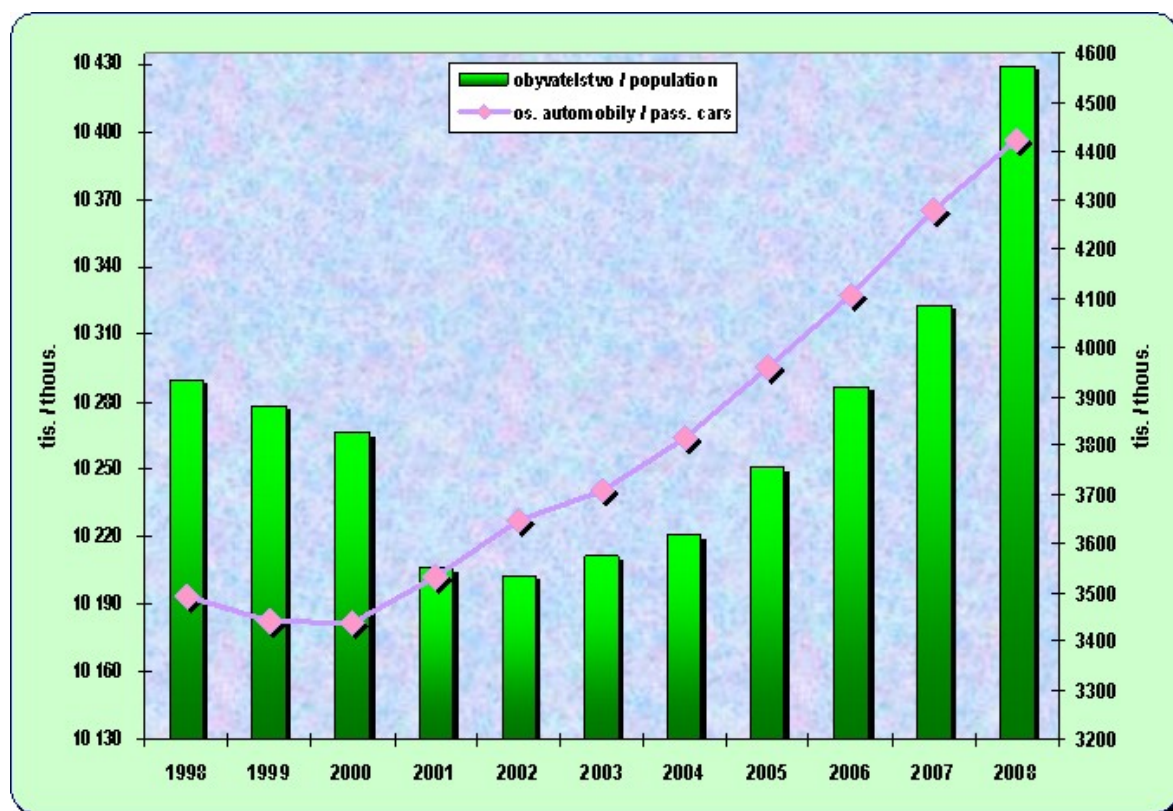
MONOŠI, M. Metodika výberu hasičskej techniky. In *Časopis Krízový manažment*, č. 2/2007, FŠI ŽU v Žiline, Žilina 2007.

Poslední skupinou literárních zdrojů zde uvedených jsou publikace, resp. příspěvky ze kterých byl čerpán teoretický základ pro realizaci vícekritériálního hodnocení variant vytipovaných požárních automobilů, které jsou vhodné pro aplikaci zásahového automobilu do městské zástavby v rámci multikritériální analýzy provedené softwarem MCA7, resp. MCA8.

3. STATISTIKY A PROGNÓZY

3.1. Všeobecné dopravní statistiky ČR

Dle dat ministerstva dopravy [1] bylo k 1. lednu 2010 v evidenci centrálního registru vozidel celkově 7 119 323 provozovaných motorových a přípojných vozidel všech druhů a kategorií, což je nárůst oproti předchozímu roku jen o 0,5 %. Tempo nárůstu se oproti dřívějším letům výrazně snížilo (vliv ekonomické recese), neboť v poslední dekádě byly vždy registrovány celkové nárůsty vozidel okolo 5 %. Počet osobních automobilů za období roku 2009 tradičně vzrostl, a to o 0,3 %, což je podstatně méně než v dřívějších letech, kde se pohybovaly nárůsty okolo 3 - 4 % (jedním z faktorů je také zavedení ekologické daně a tím masové odhlašování starších vozidel z registru, které se projevilo až v datech roku 2009). Celkově přesáhl počet osobních automobilů hranici 4,4 miliónu (viz Obr. 1). Přestože v posledních dvou letech došlo ke stagnaci všech měřených dopravních ukazatelů, a to především díky výše uvedeným skutečnostem, fakta k situaci v dopravě za poslední dekádu, resp. dvě dekády jsou nezvratná.



Obr. 1 Počet os. automobilů v Česku v porovnání s počtem obyvatel, [1]

Ze zatím posledních výsledků sčítání dopravy z roku 2005 [2,3] (poslední sčítání dopravy proběhlo v roce 2010, avšak v době psaní práce ještě nebyly známy výstupy z tohoto měření) je patrné, že vzrostly intenzity dopravy a dopravní výkony na hlavních silnicích od roku 1990 do roku 2005 o 90 %, na dálnicích o 120 % a ve městech až o 200 %. Přitom tempo růstu silniční dopravy bylo nejrychlejší od roku 2000 až do

roku 2008, kde se roční přírůstky pohybovaly kolem dříve uvedených 5 %. Počty vozidel jak nákladních, tak osobních se za poslední dekádu výrazně zvýšil v rozsahu s jakým se v dopravních prognózách z 90. let nepočítalo. Do vývojové řady však zasáhly změny v evidenci vozidel (revize, změny v kompetenci úřadů) přesto zůstalo vysoké tempo růstu motorizace (všechny druhy automobilů), resp. automobilizace (os. automobily), které je uvedeno v Tab. 1. Zatímco ve vyspělých zemích západní Evropy stoupají počty vozidel víceméně pozvolna, nebo se udržují na obdobné úrovni (potřeba obyvatel vlastnit automobil je nasycena), tak naopak v postkomunistických zemích je dynamika růstu počtu osobních vozidel mezi obyvateli za posledních 20 let diametrálně odlišná a tyto země se stále velice rychle přibližují k průměrné hranici počtu necelých 500 vozidel na 1000 obyvatel (pro 25 zemí EU). Předpokladem tedy je, že i nadále bude v ČR automobilizace, resp. motorizace obecně růst až na úroveň vyspělých západoevropských zemí (potřeba není zatím nasycena).

Tab. 1 Počet os. vozidel (automobilizace) ve vybraných zemích EU, [4]

Země EU	Počet os. vozidel / 1000 obyvatel			
	Rok 2003	Rok 2006	Rok 2009	Meziroční nárůst
Německo	545	565	509	do 2006 - 1,3 %, od 2007 - 0,4 %
Itálie	591	601	606	0,4 %
Francie	478	483	-	stagnace
Rakousko	500	509	522	0,7 %
Polsko	294	351	433	7,9 %
Česko	363	400	424	2,8 %

Závěrem je třeba konstatovat, že vývoj motorizace a automobilizace je na úrovni prognózy vypracované v r. 1998 a 2006. Z trendu posledních let je pravděpodobné, že očekávané zpomalení růstu motorizace a dopravních výkonů nastalo vlivem celosvětové ekonomické recese v roce 2009, předpokládá se však další oživení. Dle [3] byl růst intenzit na dálnicích byl pro uvedené období nadprůměrný zejména pro těžká vozidla, resp. návěsové soupravy. „Zatímco v roce 1989 činil podíl silniční nákladní dopravy na dělbě přepravní práce 23 %, nyní je to již 76 %. Česká republika vzhledem ke své geograficky atraktivní poloze zaujímá významné postavení v evropském dopravním systému“ [2]. „V poslední dekádě se také podstatně zvětšily počty a délky velmi silně zatížených silničních úseků. Např. délka úseků se zatížením přes 10000 voz/24 h byla v r. 2005 asi 2600 km, což je 700 km silnic více než v r. 2000. Vzhledem k rozdělení délek podle intenzit je nutno počítat s dalším výrazným zvětšováním délky silně zatížených úseků. Prognózy, které budou ověřeny celostátním sčítáním uvádějí, že by v roce 2010 mohl stoupnout počet úseků s intenzitou větší než 10000 voz/24 h na hodnotu okolo 3500 km. Vezmeme-li v úvahu, že na úsecích s intenzitou vyšší než 10000 voz/24 h by měla být čtyřpruhová úprava pozemní komunikace, mělo by být podle provedeného rozboru v roce 2005 zhruba o 1800 km čtyřpruhů více“ [3]. Navíc stále klesá podíl čtyřpruhových úprav komunikací vlivem rychlejšího růstu intenzity dopravy na velmi zatížených úsecích silniční sítě, kde vlivem nedostatečných kapacitních parametrů komunikací dochází k častějším kolonám a kongescím.

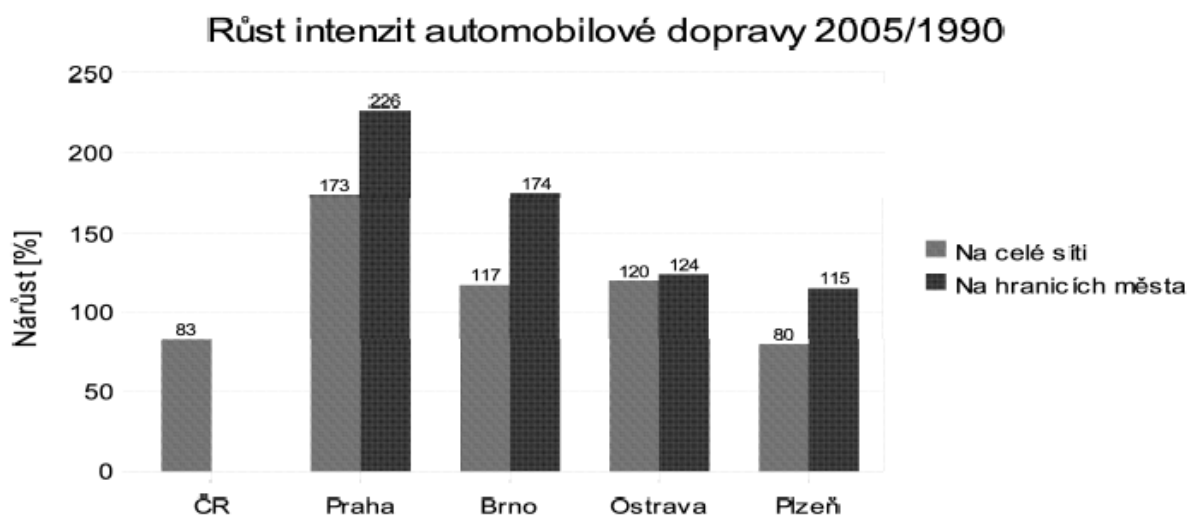
„Tempo přestavby a výstavby dopravní sítě tak nestačí růstu dopravy na nejzatíženějších částech sítě“ [3].

Dle prognózy ŘSaD [3] by v následujícím pětiletém období, tj. 2010 – 2015 mělo dojít ke snížení dynamiky růstu automobilizace na úroveň kolem 2 % ročně a na konci období by měl počet os. vozidel dosáhnout hranice 4,9 mil. Vzhledem k předpokladu vyššího růstu proběhu vozidel, který je obecně v ČR nižší než u srovnatelných zemí EU, předpokládá se setrvalý růst dopravního výkonu a intenzit dopravy jako v předcházejícím období (2005 – 2010), a to o cca 3 – 4 % ročně. Z hlediska celorepublikového by měly růst výkony dopravy do roku 2020 až o 37 % a do roku 2040 dokonce o 60 %.

3.2. Dopravní statistiky demograficky největších měst ČR

„Z hlediska hodnocení dopravy v České republice lze konstatovat, že Praha má vřídčí postavení charakteristické nadprůměrně vysokými dopravními výkony a intenzitami silničního provozu, jakož i nejvyšší automobilizací“ [6]. Po Praze patří Brno, Ostrava a Plzeň mezi čtyři města s nejvyššími objemy dopravy.

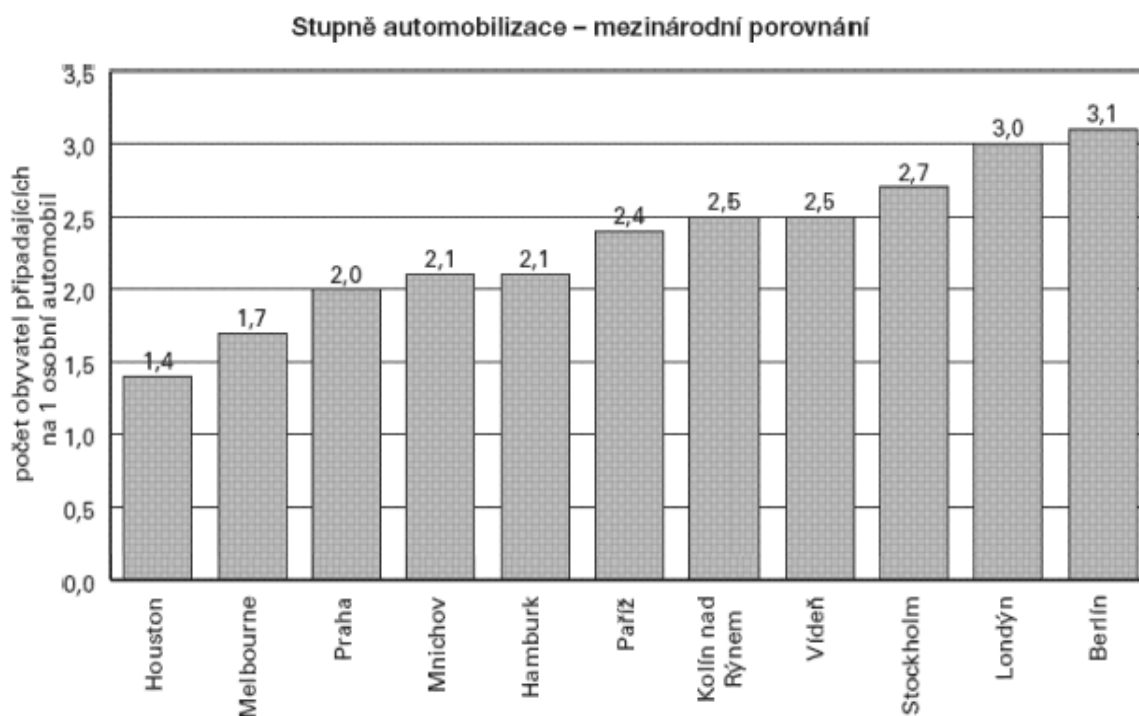
Na Obr. 2 [5] můžeme vidět nárůst výkonů automobilové dopravy od roku 1990 do roku 2005 v uvedených městech.



Obr. 2 Růst intenzity automobilové dopravy 1990-2005, [5]

Dle průzkumů z roku 2009 [6] měla Praha s počtem obyvatel cca 1,2 mil. stupeň automobilizace již 1,8 (resp. cca 550 osobních vozidel připadá na 1000 obyvatel města). Celkový automobilový provoz se ve městě od roku 1990 do roku 2009 zvýšil o 190 % a v porovnání s republikovým průměrem je cca 1,5x vyšší. Výsadní postavení Prahy z hlediska stupně automobilizace je patrné nejen v ČR, ale i v rámci Evropy, jak je vidět i na následujícím Obr. 3. *„V širší oblasti centra města, tzv. centrálním kordonu, který vyjadřuje obousměrnou intenzitu dopravy na vstupech do širší oblasti centra města, se automobilová doprava ve srovnání s předcházejícím rokem zvýšila jen o 1,4 %. Do širší oblasti centra města vjíždělo v roce 2009 za 24 hodin průměrného*

dne 311 000 vozidel, z toho 298 000 osobních automobilů. Ve srovnání s rokem 1990 to bylo cca o 30 % vozidel více. Veškerý nárůst byl tvořen pouze osobními automobily, neboť počet nákladních vozidel a autobusů od roku 1990 naopak poklesl o více než polovinu. V Praze byla kapacita vnitřní dopravního kordonu vyčerpána již v roce 1999 a od té doby se intenzita dopravy v centru snížila o cca 14 %“ [6].



Obr. 3 Stupeň automobilizace – mezinárodní srovnání rok 2005, [5]

Opačná situace je však na vnějším kordonu města Prahy. „Ve středním pásmu města doprava trvale a výrazně rostla v letech 1990 – 2007. Ve srovnání s rokem 1990 se na některých komunikacích zvýšila trojnásobně až čtyřnásobně. V roce 2009 se však oproti roku předcházejícímu zvýšila jen o méně než 1 %. Ve vnějším pásmu města (dle sčítání na tzv. vnějším kordonu, který vyjadřuje obousměrnou intenzitu automobilové dopravy na vstupech hlavních výpadevých silnic a dálnic do souvisle zastavěného území města) se intenzita automobilové dopravy v roce 2009 oproti roku předcházejícímu snížila (o 1,2 %). Do Prahy přijíždělo přes hranici vnějšího kordonu za 24 hodin průměrného pracovního dne 278 000 vozidel, z toho 245 000 osobních automobilů. Automobilový provoz ve vnějším pásmu města trvale vzrůstal od roku 1990 až do roku 2008. Ve srovnání s rokem 1990 přijíždělo denně do Prahy z jejího okolí (z příměstské zóny, z ostatního území státu a ze zahraničí) 3,6x více vozidel (+261 %). Rozhodující část nárůstu byla tvořena osobními automobily, neboť jejich počet se zvýšil více než 4,4x (+ 342 %). V tomto pásmu tak intenzita dopravy dosáhla v roce 2009 již 89 % intenzity v centru města“ [6]. „To způsobuje stále horšící se dopravní situaci, zácpy a kolony aut nejen v centru města, ale také na hlavních tazích a kapacitních rychlostních komunikacích o několika jízdnicích pruzích, což dokládá i více jak dvojnásobné zvýšení počtu dopravou kriticky ovlivněných křižovatek s tvorbou trvalých kolon. V celkovém efektu pak dochází ke smazávání rozdílu mezi

lokálními dopravními špičkami ráno a odpoledne. Nastává trvalá dopravní kongesce, tzn. kolony a zácpy jsou stále častější, rozsáhlejší a trvají delší dobu“ [5].

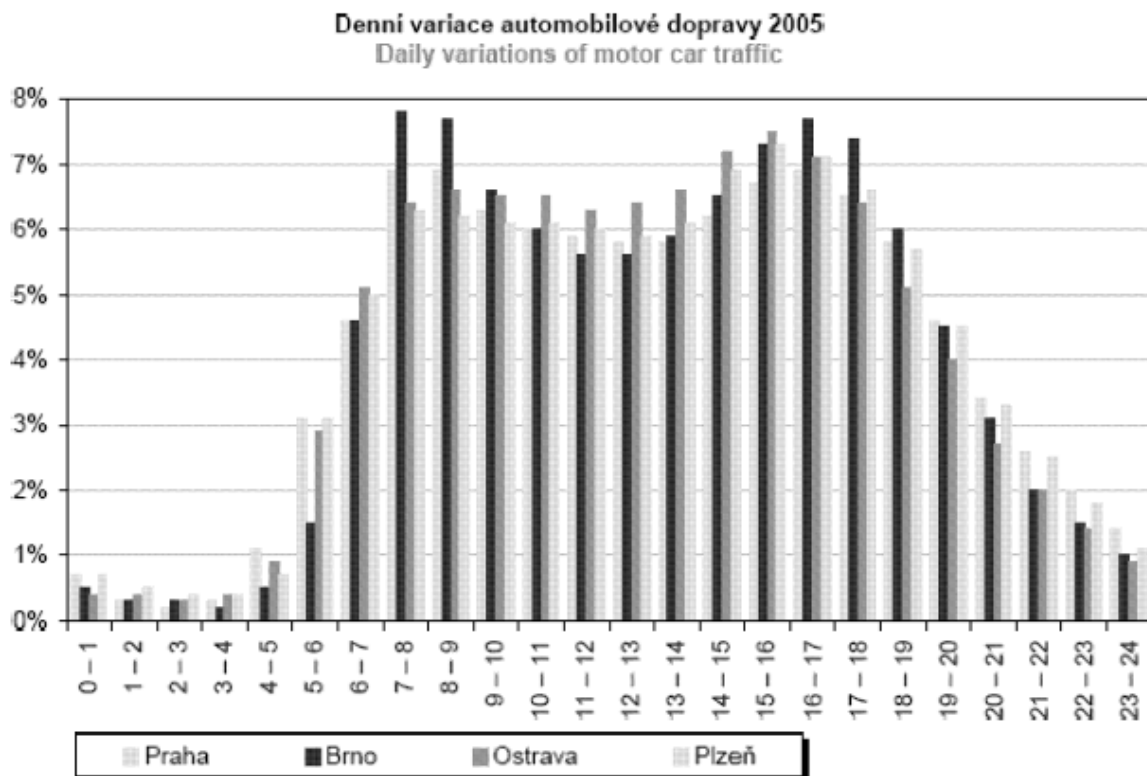
Nárůst výkonu dopravy v Praze za období r. 1990 až 2006 je uveden v Tab. 2.

Tab. 2 Průměrný meziroční nárůst automobilové dopravy v Praze, [5]

Průměrné meziroční nárůsty automobilové dopravy v Praze			
Období	Centrum [%]	Vnější pásmo[%]	Praha celkem[%]
1991-1995	+3,4	+11,9	+12,1
1996-2000	+4,0	+7,5	+5,1
2001-2005	-1,8	+5,4	+3,6
2006	+0,7	+7,0	+1,9

Dopravní statistiky ovšem neutěšeně rostou i u dalších velkých měst ČR, jakým je Plzeň se stupněm automobilizace cca 2,2 (2009, [7]) a Brno se stupněm cca 2,3 (2010, [8]), jejichž hodnoty jsou nad celorepublikovým průměrem. Ostrava jako třetí největší město ČR má stupeň automobilizace 2,7 (2010, [9]). Skladba dopravního proudu je však pro všechna výše uvedená města zhruba stejná. Zatímco v centru měst je podíl osobních vozidel více jak 90 %, tak na vnějším dopravním kordonu je to cca 85 %. Co se týče celodenní intenzity dopravy, tak ta se v roce 2005 v nejvytíženějších dopravních profilech křižovatek v Praze pohybovala kolem 100 tisíc vozů/24 hodin, v Brně okolo 50 tisíc vozů/24 hodin, v Ostravě a Plzni se intenzita blížila hranici 40 tisíc, resp. 30 tisíc projíždějících vozidel za 24 hodin. V roce 2010 (z předběžných výsledků sčítání dopravy ŘSaD v roce 2010) se už celodenní intenzity v Praze pohybovaly na nejvytíženějších úsecích na úrovni 130 - 140 tisíc vozů/24 hodin (v centru města okolo 100 tisíc vozů/24 hodin), v Brně okolo 60 tisíc vozů/24 hodin (v širším centru města cca 40 tisíc vozů/24 hodin), v Ostravě se intenzita na nejzatíženějších úsecích pohybovala nad hranicí 45 tisíc vozů/24 hodin (v širším centru města cca 30 tisíc vozů/24 hodin) a Plzeň dosáhla na svém území nejvyšší intenzity dopravy řádově 40 tisíc vozů/24 hodin (v širším centru města to pak bylo cca 30 tisíc vozů/24 hodin). Lze tedy vidět, že ruku v ruce s rostoucím počtem vozidel v největších městech ČR stoupaly i intenzity dopravy (a to u ostatních měst kromě Prahy řádově o 3 – 6 % za rok), které zásadním způsobem mění dopravní situaci a plynulost provozu na městských dopravních sítích.

„Průběh denní variace dopravy (dopravní špičky) je dnes pro většinu nejenom velkých, ale i menších měst charakterizován tzv. sedlovou křivkou (viz Obr. 4) vyjadřující příspěvek k intenzitě dopravy v čase. První lokální maximum - ranní špička nastává obvykle mezi 7:30 – 9:30 a činní kolem 6,5 % denní intenzity, zatímco odpolední špička mezi 15:00 – 17:00 činní cca 7,0 %. Denní příspěvky na týdenní intenzitě dopravy jsou v pracovním týdnu zhruba vyrovnané, nejvyšší je tradičně v pátek, zatímco víkendové intenzity jsou dvou třetinové ve srovnání s pracovním týdnem. Podíl dopravy v noční době mezi 21. – 5. hodinou je zhruba 6 - 8 % v pracovních dnech, v sobotu pak 11 – 13 % a v neděli 13 – 26 %, podle druhu komunikace. Charakter denních a týdenních variací dopravy se u většiny měst výrazněji vyvíjel v 90. letech, od roku 2005 jsou změny minimální“ [5].



Obr. 4 Denní variace intenzity automobilové dopravy rok 2005, [5]

Je nutno konstatovat, že uvedené dopravní charakteristiky získané z dopravních průzkumů jsou uvažovány v širších souvislostech, na základě znalosti daných lokalit a dopravních faktorů (např. specifika konkrétní městské dopravní infrastruktury, dlouhodobými uzavírkami silnic, výstavbou nových úseků komunikací na vnitřním nebo vnějším dopravním kordonu atd.). Nicméně z uvedeného vyplývá, že nejenom ve výše uvedených městech, ale také ve městech až na úrovni okresních sídelních útvarů je situace s rostoucím objemem individuální automobilové dopravy do budoucna neudržitelná (s ohledem ke stávajícímu stavu realizace dopravní infrastruktury). „*Přitom ve městech i v suburbánních oblastech obvykle bývá zajištěna dobrá dopravní obslužnost veřejnou hromadnou dopravou a cíle cest jsou často dostupné pro dojížděku na kole nebo chůzi. Je více než patrné, že v ČR chybí propracovaná strategie mobility managementu, která by aplikovala vyšší využití hromadné dopravy ve městech nebo masovější zavádění car-sharingu¹. Ten je běžně rozšířen ve vyspělých zemích, kde doplňuje nabídku veřejné dopravy a zefektivňuje využívání individuálních jízdních prostředků, čímž má potenciál snižovat objem individuální automobilové dopravy ve městech*“ [10]. Dokladem toho, že je třeba změnit dopravní chování obyvatel v ČR obecně spojené s vysokou závislostí na automobilech a zefektivnit individuální a veřejnou dopravu, je vysoká míra automobilizace obyvatelstva, která je např. v Praze jedna z nejvyšších, a to nejenom v Evropě.

¹ Car-sharing : systém sdílení automobilů více lidmi, kterým se nevyplatí vlastnit a provozovat vlastní vozidlo, forma služby veřejné autopůjčovny slučující výhody individuální a veřejné dopravy

3.3. Statistiky HZS ČR

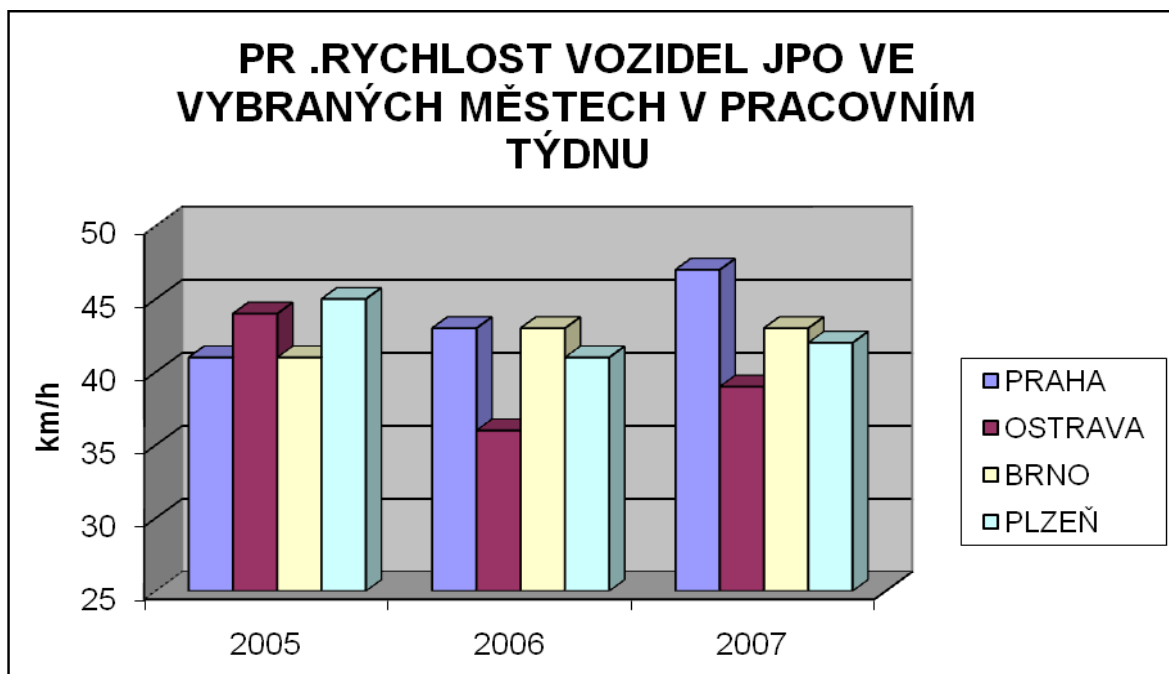
3.3.1. Průzkum doby dojezdu a rychlosti jízdy zásahových automobilů

První analýzou a zároveň ověřením, jakým způsobem za poslední dekádu ovlivnil dramatický růst objemu silniční dopravy a dopravních výkonů ve městech schopnost jednotek PO rychle a účinně zasáhnout při řešení MU, byl průzkum doby dojezdu a rychlosti jízdy vybraných požárních automobilů ve čtyřech demograficky největších městech ČR. Když se na daný problém podíváme podrobněji, zjistíme, že celý systém plošného pokrytí jednotkami PO v ČR, jako základní koncept dislokuje stanice HZS krajů podle teorie hromadné obsluhy vycházející z pravděpodobnosti vzniku MU. Ten je postaven na určité představě o průměrné rychlosti dopravy jednotek PO, resp. době dojezdu k místu MU. Pokud však tuto představu nabourá fakt, že vzhledem k propustnosti dopravní sítě na některých městských lokalitách dojde k prodloužení doby dojezdu jednotek PO a tudíž i k snížení rychlosti jízdy k místu zásahu, pak dojde zákonitě ke snížení úspěšnosti zásahu, potažmo garantované pomoci občanům v kritické situaci, kde právě rychlost a ušetřené sekundy hrají zásadní roli při záchraně lidských životů a majetku.

Nabídla se tak první hypotéza, zdali skutečně růst objemu silniční dopravy a dopravních výkonů v níže uvedených městech za poslední dekádu způsobil prodloužení dojezdových časů jednotek PO, resp. snížení průměrné rychlosti jízdy požárních automobilů k zásahu.

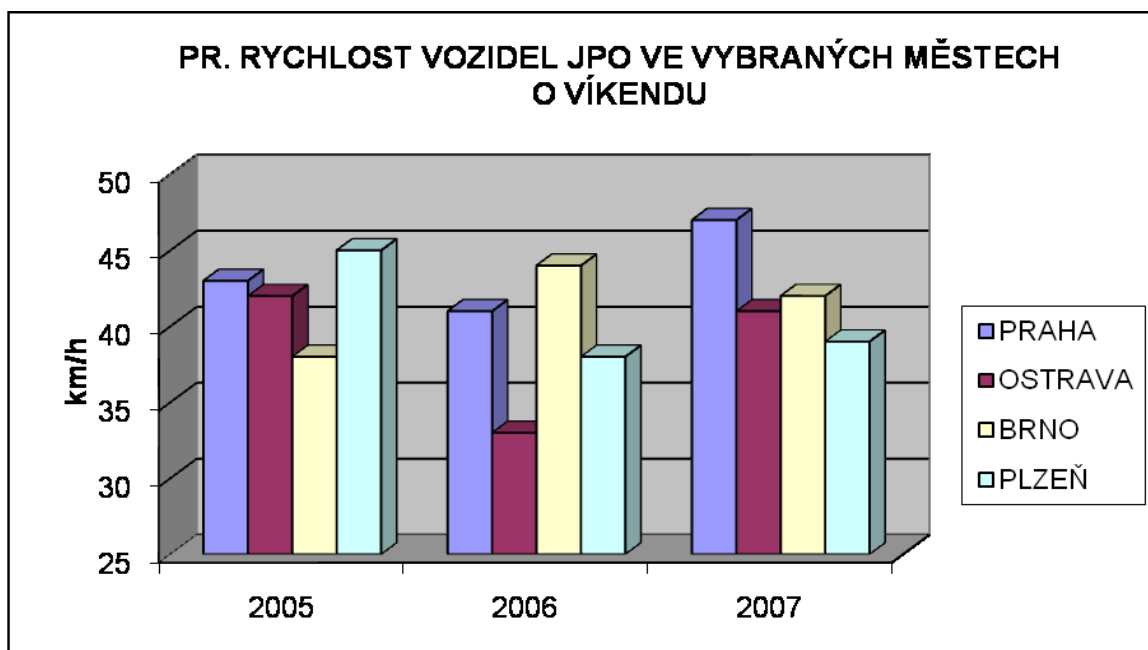
Analýza byla provedena pro čtyři nejlidnatější města ČR – Prahu, Brno, Ostravu a Plzeň za období let 2005-2007 na základě exportovaných statistických dat z celonárodní databáze SSU-ZOZ, kterou archivuje GŘ HZS ČR. Byla provedena srovnání mezi jednotlivými městy i mezi stanicemi v rámci jednoho města, kde jsou jednotky PO dislokovány. Hlavními ukazateli pro srovnání jednotek HZS ČR se staly dojezdové časy a s nimi spojený počet ujetých kilometrů, průměrná rychlost jízdy k zásahu, zasahující požární technika a denní (týdenní) doba výjezdu. Veškeré statistické údaje získané z databáze SSU-ZOZ byly odfiltrovány a zpracovány matematickým aparátem (v tabulkovém editoru) do podoby tabulek a grafů za použití statistických ukazatelů – míry polohy a variability. Získané hodnoty byly na počátku porovnány s hodnotou průměrné rychlosti požárních automobilů (45 km/h), se kterou se počítalo při sestavování systému plošného pokrytí jednotkami PO na území ČR. Pokud mají být skutečné dojezdové časy jednotek PO v souladu s dojezdovými časy určenými pro jednotlivé stupně požárního nebezpečí v plošném pokrytí, pak se průměrné rychlosti zásahových automobilů musely blížit, resp. překročit hranici 45 km/h. Po odladění nežádoucích chyb ve statistických datech (odfiltrováno 20 – 30 % nepoužitelných dat) se dalo obecně říci, že průměrné rychlosti zásahových automobilů se pohybovaly mírně pod úrovní hranice rychlosti stanovené v plošném pokrytí jednotek PO. Při podrobnějším průzkumu dojezdových časů a průměrných rychlostí různých druhů a kategorií zásahových vozidel byl pozorován značný rozptyl hodnot. Obr. 5 ukazuje vývoj průměrné rychlosti jízdy jednotek PO k zásahu ve městech v pracovním týdnu. Zatímco v Brně byla tato hodnota v jednotlivých letech víceméně podobná a přesahovala mírně hranici 40 km/h, tak v Praze naopak

došlo ve sledovaném období ke zvýšení průměrné rychlosti až nad 45 km/h. U Plzně a Ostravy došlo k opačnému trendu, a to k poklesu rychlosti vozidel jednotek PO o cca 5 km/h na hranici 40 km/h, resp. pod tuto hranici v případě Ostravy.



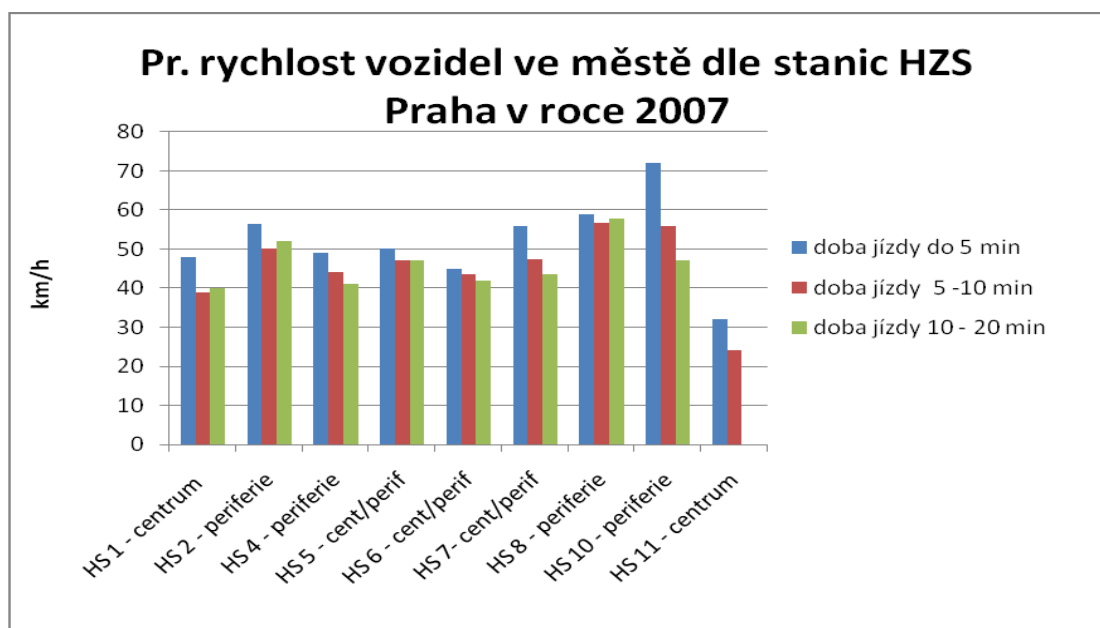
Obr. 5 Srovnání průměrných rychlostí vozidel JPO ve vybraných městech ČR

Srovnání mezi rychlostmi vozidel jednotek PO v pracovním týdnu a o víkendu je možné z Obr. 6, který uvádí právě rychlosti vozidel zasahujících o víkendech.

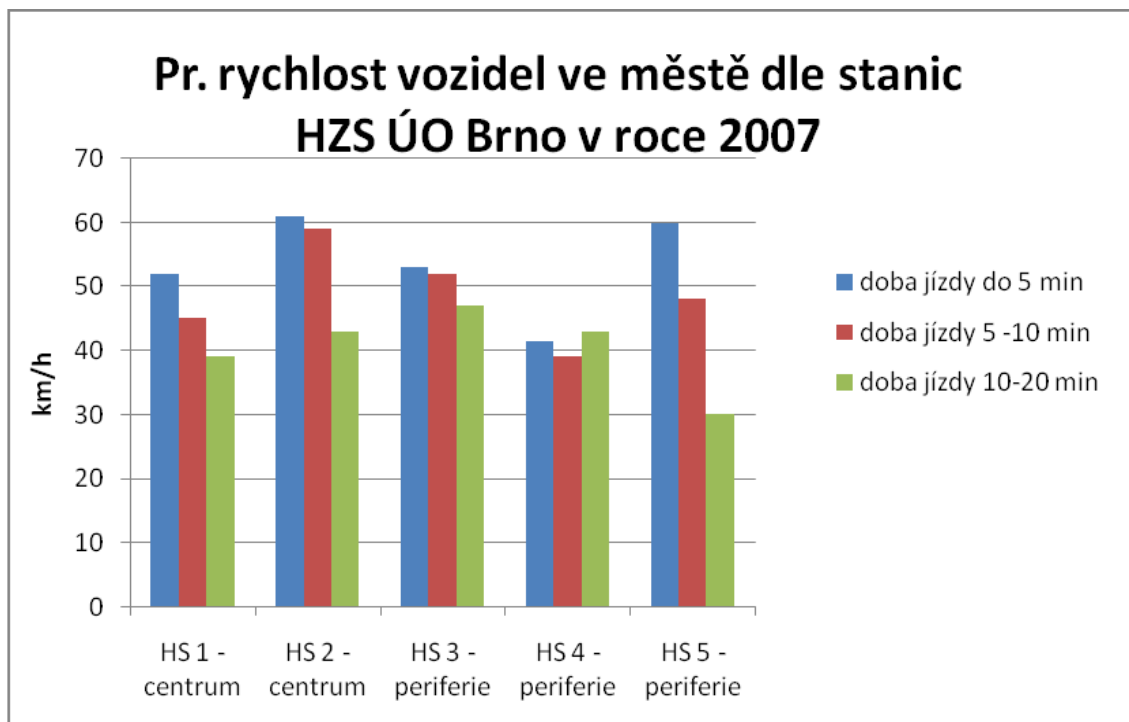


Obr. 6 Srovnání víkendových průměrných rychlostí vozidel JPO ve vybraných městech ČR

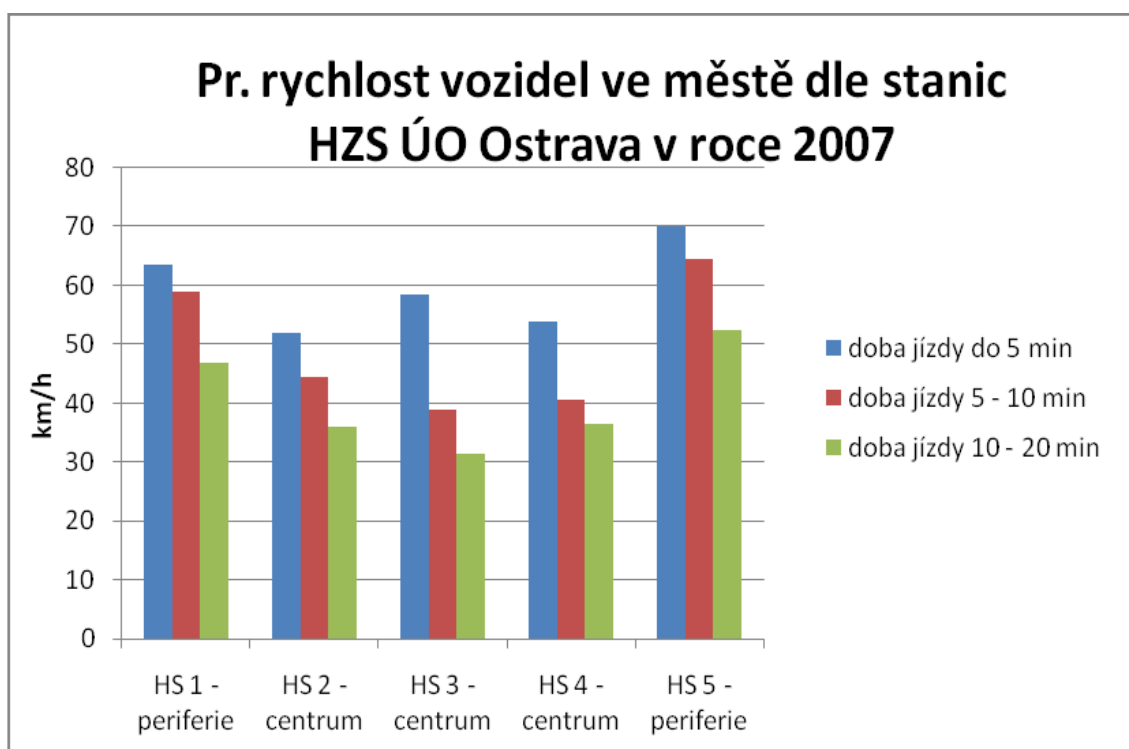
Z výše uvedených obrázků je vidět, že i přes menší intenzity víkendové dopravy ve městech, které jsou běžně na úrovni 50 – 65 % intenzity pracovního týdne, nedocházelo k výraznějšímu zvýšení průměrné rychlosti zásahových vozidel jednotek PO a tedy i ke snížení dojezdových časů při jízdě k zásahu. Z toho plyne, že buď jednotky PO jezdily přes pracovní týden na samé hranici dynamických možností své techniky a přesto, že hustota dopravy bývá vyšší než o víkendu (mimo dopravní špičku), tak ostatní účastníci silničního provozu dobře reagovali na výstražná znamení vydávaná při jízdě požárních vozidel a nezpomalovali příliš jejich jízdu k zásahu. Naopak o víkendech a mimo dopravní špičku, kdy byla hustota dopravy nižší, jezdily jednotky PO k zásahům ve velmi podobných časech, někdy i v delších, které mohou mít také své opodstatnění v podobě subjektivní pohody řidiče při jízdě ve volnějším provozu, popř. na základě snížené bdělosti a tím zvýšené opatrnosti strojníků – řidičů při nočních zásazích, které neodpovídají běžnému biorytmu člověka. Ovšem existovaly i výjimky např. u stanic č. 1 a 3 HZS hl.m. Prahy, které jsou dislokovány v centru města, resp. v širším centru města s výjezdem na frekventované několikapruhé komunikace, kde analýza potvrdila negativní vliv hustoty dopravy v pracovním týdnu (v jejich okolí se nachází velké množství dopravně kritických míst dle [6]) a kde byly zaznamenány víkendové dojezdy, resp. doby dojezdu mimo špičku stabilně nižší (cca 20-30 s při stejných intervalech vzdálenosti zásahu). Navíc analýza ukázala, jak je možno vidět z následujících obrázků (viz Obr. 7, 8, 9 a 10), že průměrné rychlosti požárních vozidel dislokovaných na stanicích v širším centru města byly ve většině případů o něco nižší (cca do 5 km/h). Tento trend jednak ovlivňuje hustější dopravní a stavební infrastruktura intravilánu města, ovšem svůj podíl na delších dojezdových časech může mít i vlastní intenzita dopravy v centrech uvedených měst, která za poslední dekádu, resp. 5 let zde značně stoupla. Nelze také opomenout, že určité části měst, i když netvoří vnitřní kordon města, bývají zasaženy poměrně značnou intenzitou tranzitní (meziměstské) dopravy a jejím rozdělováním na dané lokalitě.



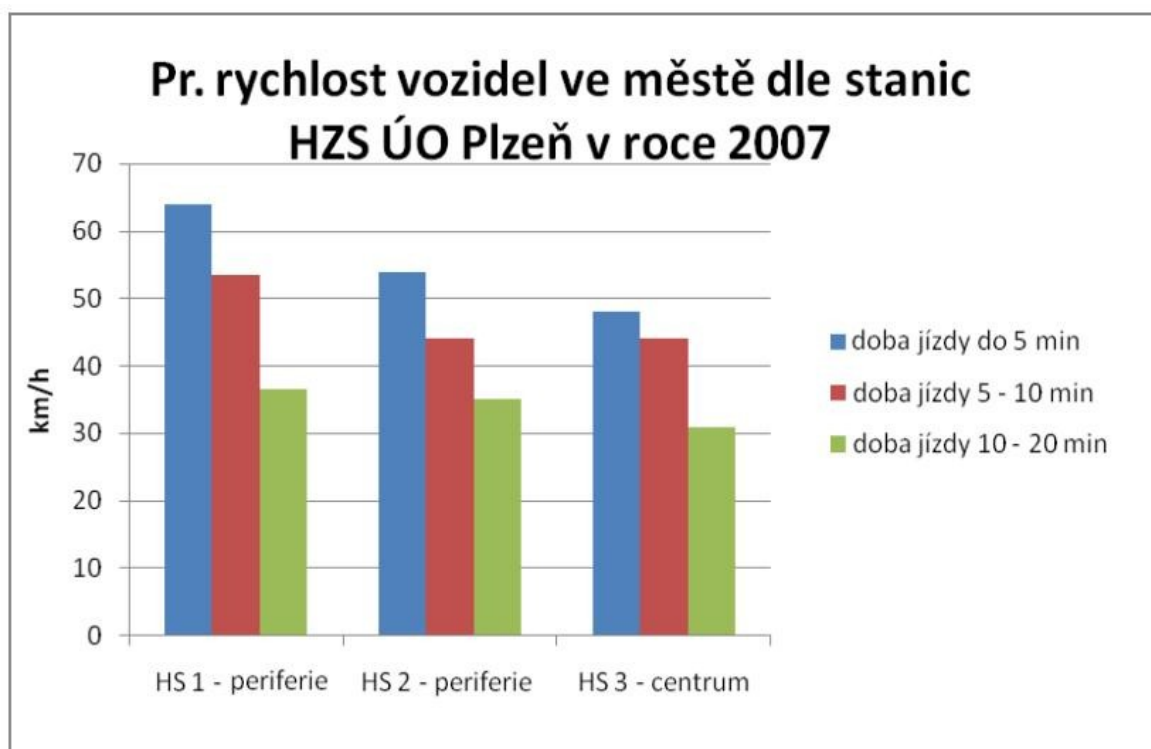
Obr. 7 Průměrné rychlosti vozidel HZS Praha ve městě v roce 2007



Obr. 8 Průměrné rychlosti vozidel HZS JMK, ÚO Brno ve městě v roce 2007



Obr. 9 Průměrné rychlosti vozidel HZS MSK, ÚO Ostrava ve městě v roce 2007



Obr. 10 Průměrné rychlosti vozidel HZS Plzeňského kraje, ÚO Plzeň ve městě v roce 2007

Aby bylo možno blíže rozklíčovat rozdíly v průměrných rychlostech a dojezdových časech výše představených jednotek, bylo zapotřebí provést průzkum průměrných rychlostí a dojezdových časů vybraných typů požárních vozidel z jednotlivých hmotnostních tříd požární techniky s předurčením pro zásahovou činnost do městské zástavby. Jako další srovnávací kritéria pro průzkum byla použita vzdálenost místa zásahu a druh MU. Vzdálenost jako kritérium přitom byla důležitá, protože hovoříme-li o zásazích v městské zástavbě, tak vzdálenost, kterou urazí jednotky PO není velká, a tudíž zde dynamika jízdy hraje významnou roli. Pokud budeme brát poměrné zastoupení zásahů v letech 2005 – 2007 podle ujeté vzdálenosti, tak nejčtenější hodnotou (modus) je vzdálenost 3 km, medián uspořádání statistického souboru je pak 4 km pro všechna analyzovaná města a tato hodnota se ve sledovaném období neměnila. Největší průměrnou vzdálenost k zásahu měly ve sledovaném období jednotky PO v Ostravě, a to 4,6 km. Ostatní „městské“ jednotky se pohybovaly na hranici cca 4 km.

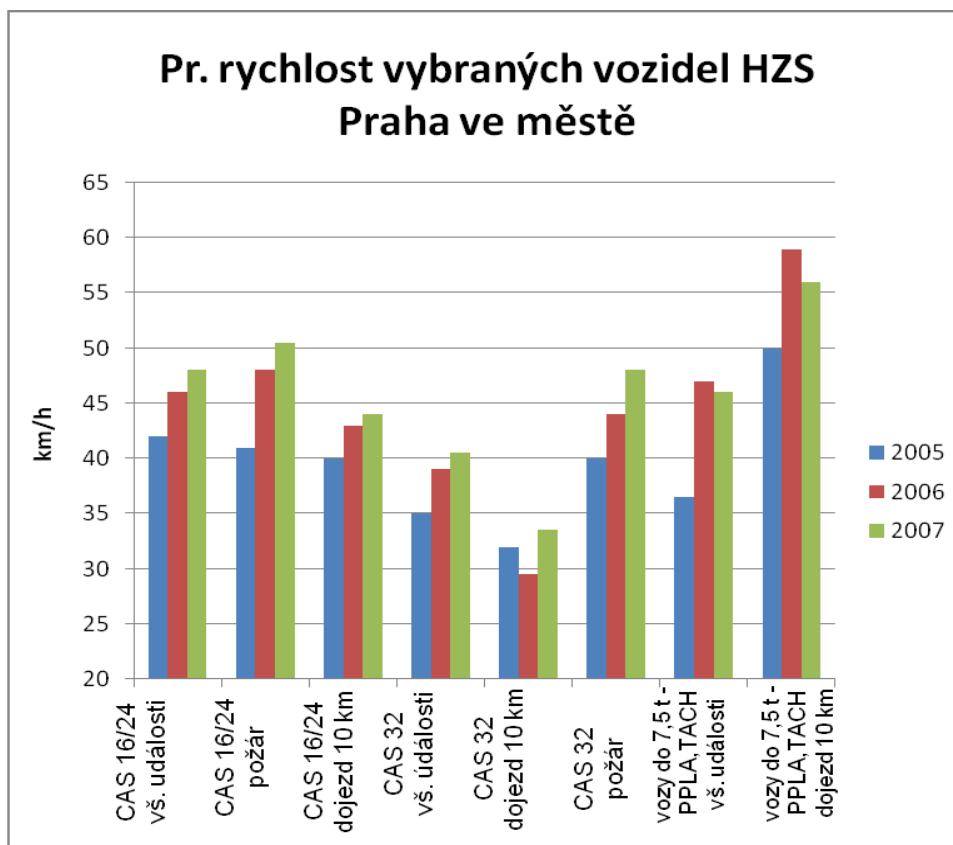
Když se výše uvedená statistická data porovná se skutečnou dobou dojezdu v intervalu jízdy 0 – 10 min, což odpovídá dvou nejvyšším stupňům požárního nebezpečí území z hlediska plošného pokrytí (velká města, centra atd.), tak bylo zjištěno, že všechny jednotky jsou schopny v průměru za tento časový úsek urazit 5,2 – 5,8 km, což potvrzuje, že rychlost jízdy vozidel jednotek PO je vyšší, resp. dojezdové časy nižší než jsou hranice stanovené plošným pokrytím.

Nevýhodou při zpracování dat z centrální statistiky GŘ HZS ČR však bylo, že se jednotlivé časové údaje výjezdu (v tomto případě čas jízdy k zásahu) vztahují pouze k dané jednotce PO a ne k jednotlivým vozidlům, které jsou vyslány na místo MU. Proto, aby mohly být posouzeny průměrné rychlosti jednotlivých druhů požárních automobilů (lehká hmotnostní třída L do 7,5 tun, střední hmotnostní třída

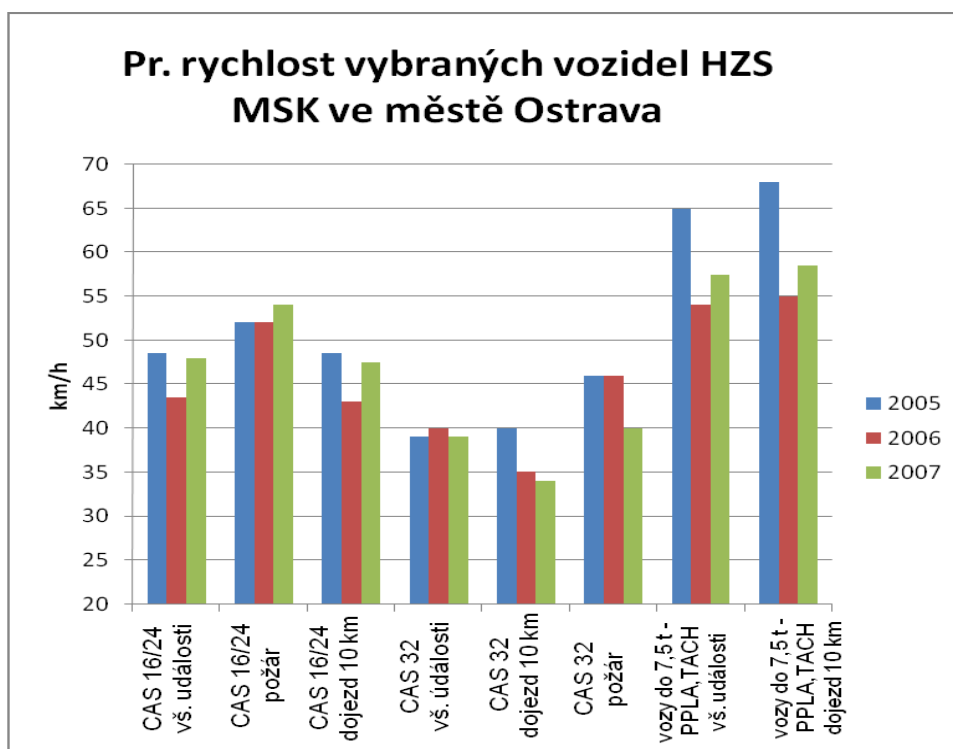
M do 14 tun a těžká hmotnostní třída S nad 14 tun celkové hmotnosti vozidla dle normy ČSN EN 1846-1) musely se započítat jen samostatné výjezdy konkrétního vozidla z dané hmotnostní třídy. To způsobilo, že se statistický soubor zúžil cca o 15 % zásahů, na druhou stranu byla tímto krokem dosažena vyšší přesnost statistických údajů. Směrodatná odchylka průměrných rychlostí nabývala pro všechny analyzované jednotky PO ve sledovaném období hodnot od 10,6 do 11,3 km/h, což svědčí o poměrně velkém rozptylu hodnot a tedy i nesnadném odhadu skutečné velikosti analyzovaných veličin u všech jednotek PO. Do analýzy byly zahrnuty nejpoužívanější prvovýjezdové požární automobily CAS 16/24² ze střední hmotnostní třídy, dále požární automobily CAS 32 obvykle používané na velkoobjemové hašení otevřených požárů v přírodním prostředí z těžké hmotnostní třídy a také automobily z lehké hmotnostní třídy vyjíždějící na události typu technické pomoci či úniku nebezpečných látek (dále jen „NL“), jako jsou např. protiplynový automobil (dále jen „PPLA“) nebo technický automobil chemický (dále jen „TACH“). Z dále uvedeného Obr. 11 – 14 vyplynula rozdílnost v průměrných rychlostech jak mezi CAS 16/24 a CAS 32, tak mezi PPLA, resp. TACH a oběma výše uváděnými požárními automobily z těžších hmotnostních tříd. Mírně vyšší rychlost (cca o 5 km/h) CAS 16/24 v Praze nebo v Ostravě byla přisouzena dlouhodobému používání velmi dynamických požárních automobilů CAS v městském provedení na šasi od výrobce Dennis. Přesto průměrná rychlost zásahových vozidel typu PPLA, resp. TACH byla ještě cca o 5 – 10 km/h vyšší než u prvovýjezdových CAS v závislosti na konkrétní jednotce PO v daném městě. Pokud vezmeme v úvahu průměrnou dojezdovou vzdálenost jednotek PO ve městech a rozdíl průměrných rychlostí jízdy k zásahu u jednotlivých druhů vozidel zjistíme, že vozidla z lehké hmotnostní třídy byla schopna dojet na místo MU až o 55 sekund dříve, než konvenční prvovýjezdová vozidla.

Výše prezentované výsledky lze shrnout do konstatování, že cesta vedoucí ke koncepci zásahového požárního automobilu do městské zástavby by měla vést úvahu o menším, lehčím, ale přesto výkonném automobilu ze střední, popř. lehké hmotnostní třídy zásahových požárních vozidel, které by byly dostatečně vybaveny jak pro prvotní hašení a dopravní nehody, tak pro technické zásahy. Zároveň by mohly využít prostorových a dynamických výhod (zrychlení) v hustém dopravním provozu i při průjezdu zúženými profily místních komunikací.

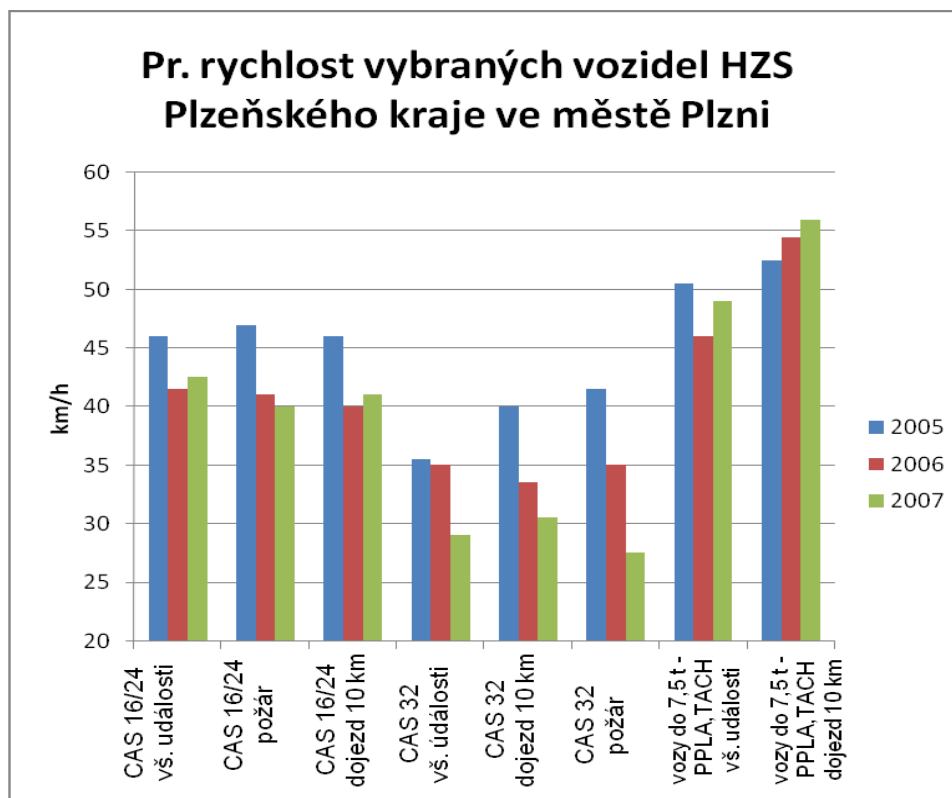
² Požární automobil určený vyhláškou MV č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek PO, ve znění pozdějších předpisů, resp. daný vnitřní organizací a vybavením pro zásah jednotek HZS kraje k řešení MU prvním organizovaným výjezdem (dále jen „prvovýjezdové vozidlo“). Označení požární techniky, resp. zásahového požárního automobilu a jeho hlavního výkonového parametru udává [11,12]



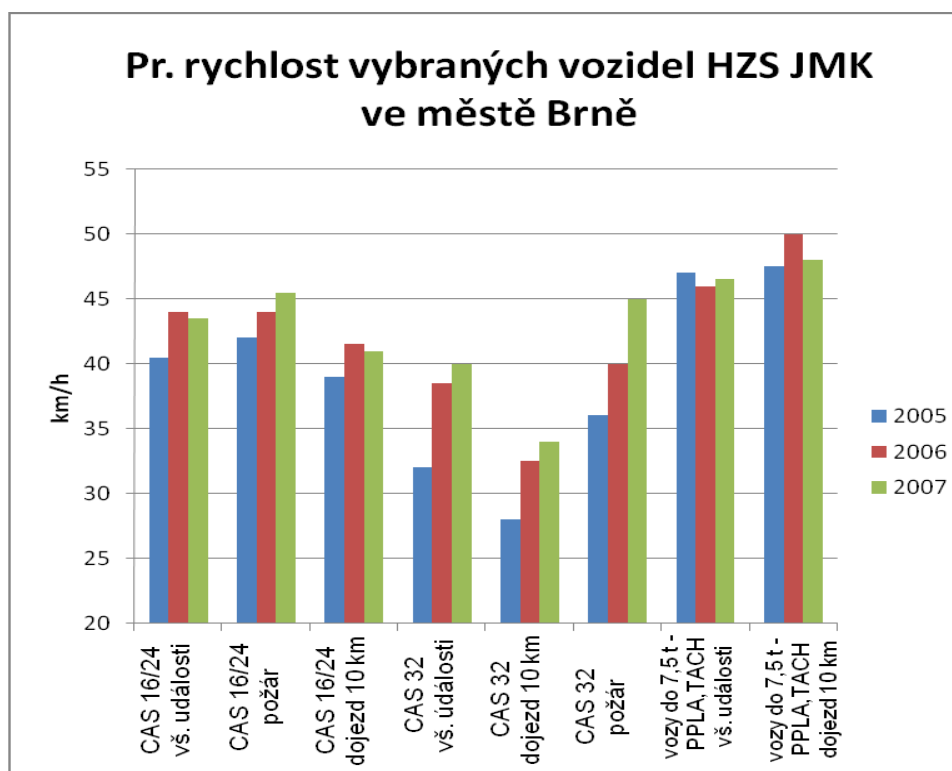
Obr. 11 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO hl.m Prahy



Obr. 12 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO ÚO Ostrava

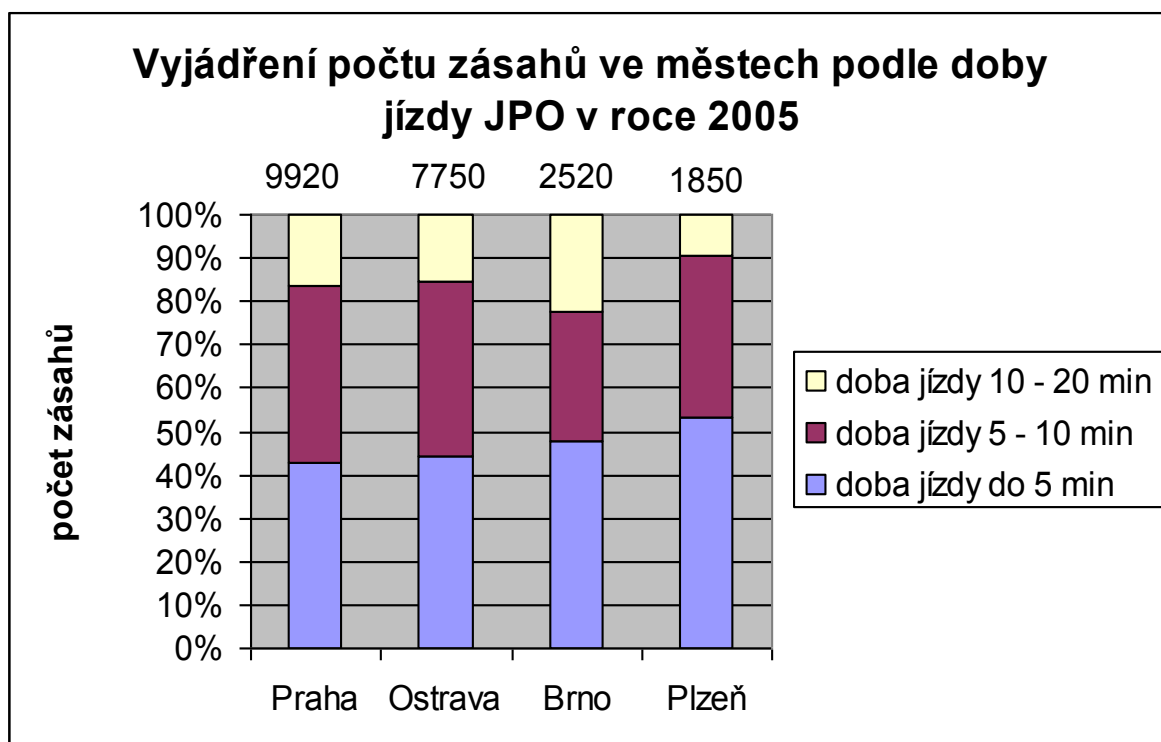


Obr. 13 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPOÚO Brno

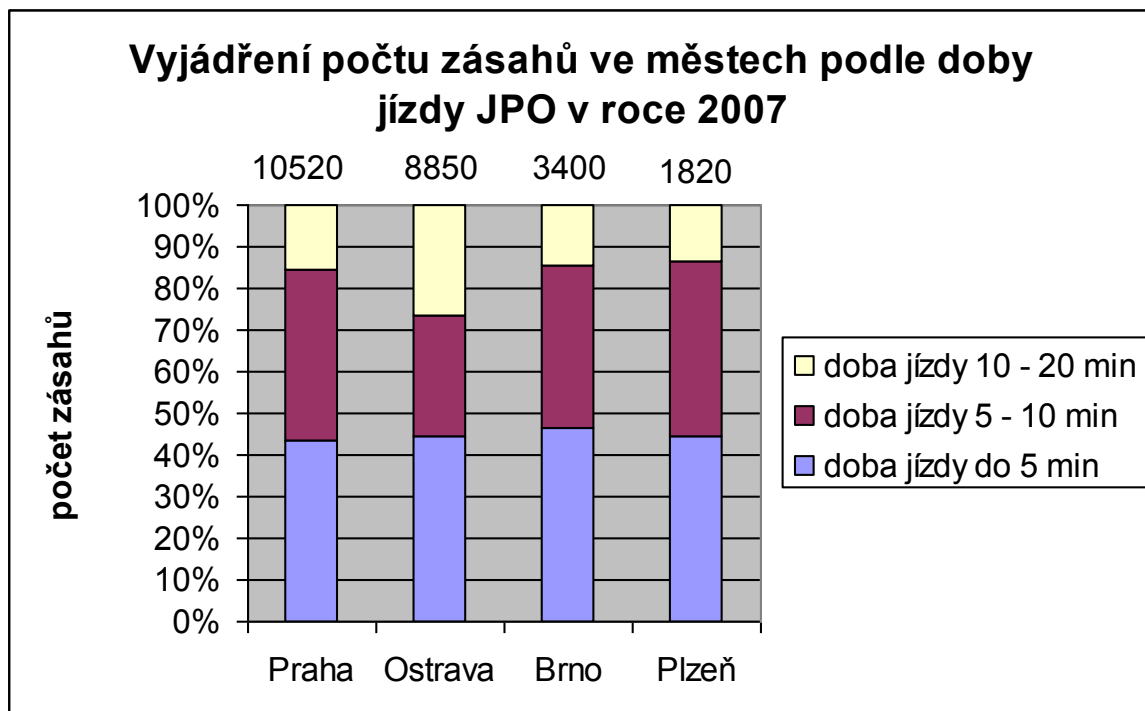


Obr. 14 Srovnání průměrných rychlostí jednotlivých vozidel JPO ÚO Plzeň

Podstatným ukazatelem ovlivňujícím dopravu jednotek PO k zásahu byla kromě zjištěných trendů průměrných rychlostí také doba vlastní jízdy. Jak již bylo uvedeno dříve, medián vzdálenosti, resp. průměrná vzdálenost jízdy jednotek PO k zásahu se v průběhu let prakticky neměnila. Takže pokud došlo k posunům k vyšším hodnotám v procentuálním rozdělení počtu zásahů dle doby jízdy k zásahu znamenalo to, že jednotky PO měly nižší průměrné rychlosti jízdy k zásahu a tím pádem byly i déle vystaveny vlivům okolní dopravy při jízdě. Obr. 15 a 16 ukazují procentuální rozdělení zásahů ve městech z hlediska doby dojezdu na místo MU. Sloupcové grafy potvrzují to, co již bylo dříve uvedeno, že u jednotek PO v Ostravě a Plzni došlo mezi léty 2005 a 2007 ke snížení podílů zásahů s dobou jízdy od 5 do 10 minut u Ostravy, resp. do 5 minut u Plzně. Naopak u Prahy nedošlo prakticky k žádným změnám. U jednotek PO v Brně došlo k výraznému zvýšení podílu zásahů s dobou jízdy mezi 5 až 10 minutami na úkor zásahů s dobou nad 10 minut jízdy.

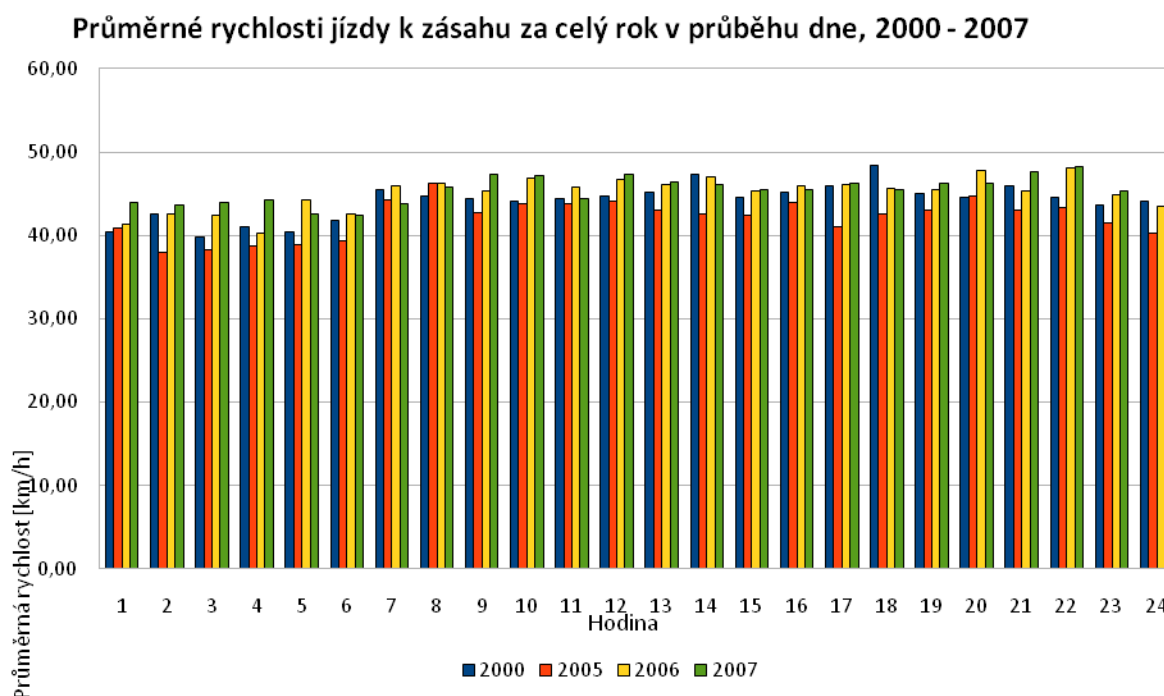


Obr. 15 Počet zásahů rozdělený podle doby jízdy k zásahu v největších městech ČR v roce 2005



Obr. 16 Počet zásahů rozdělený podle doby jízdy k zásahu v největších městech ČR v roce 2007

V podobně zaměřené analýze [5], zkoumající dojezdové doby jednotek v hlavním městě Praze, bylo provedeno rozdělení průměrných rychlostí vozidel jednotek PO během celého dne s ohledem na zjištění vlivu hustoty a intenzity silniční dopravy (viz Obr. 17). Za povšimnutí stojí podobné závěry, které uvádí, „že při průzkumu rychlostí jednotek PO byly zjištěny nepatrně nižší hodnoty v období noci, převážně pak od půlnoci do šesté hodiny ranní. Nepatrně vyšší průměrné rychlosti byly zjištěny večer mezi 20 a 22 hodinou, což může být výsledkem nižší intenzity dopravy. Obecně se však dá říci, že rozdělení rychlostí během celého dne se výrazněji neměnilo a tudíž se nepodařilo prokázat významnější vliv intenzity dopravy na dojezdové časy a rychlost jednotek PO, která se naopak přes den mění významně“ [5].



Obr. 17 Průměrné rychlosti jízdy k zásahu za celý rok v průběhu dne u jednotek HZS hl.m. Prahy, 2000 – 2007, [5]

Výstupem ze statistiky rychlostí a dojezdových časů pro jednotlivé stanice jednotek PO ve vybraných městech byl fakt, že se nepodařilo prokázat v obecnějším měřítku významnější vliv vzrůstajících výkonů silniční dopravy, čímž byla první hypotéza vyvrácena. Na druhou stranu bylo zjištěno, že průměrné rychlosti zásahových automobilů na vnějších periferiích města (extravilánu) byly vyšší než v centrech měst (intravilánu), což ukazuje na vliv husté dopravní infrastruktury intravilánu měst na dojezdové časy. V neposlední řadě bylo zjištěno, že rychlost jízdy jednotek PO a jejich vozidel k zásahu, resp. dojezdové časy jsou zásadním způsobem ovlivněny volbou hmotnostní třídy (laicky řečeno velikostí) zásahového požárního automobilu provozovaného na dané lokalitě. Toto zjištění bylo i následně ověřeno provedeným cvičením jednotek PO uvedeným v následující kapitole, které bylo zaměřeno na zjištění průjezdnosti města Bohumína pro mobilní techniku jednotky HZS MSK.

V analýze nebyl záměrně zmíněn podstatný faktor zcela jistě ovlivňující její výsledky, a to jsou schopnosti obsluhy, tedy řidiče - strojníka a jeho individuální dispozice k řízení. Tento faktor není možné dostatečně statisticky a kvantitativně popsat, jelikož se jedná o kvalitativní proměnnou každého jedince, která byla částečně vysvětlena ve vztahu k nočním výjezdům a výjezdům mimo dopravní špičku.

3.3.2. Vyhodnocení vlivu volby hmotnostní třídy zásahového automobilu na dojezdových časech jednotky PO

Na základě zjištěných výsledků statistické analýzy dojezdových časů a průměrných rychlostí jednotek HZS ČR ve čtyřech největších městech ČR bylo potřeba závěry týkající se vlivu volby hmotnostní třídy požární techniky na dojezdových časech jednotek ověřit v reálných podmínkách. Proto se přistoupilo k prověřovacímu cvičení jednotky HZS MSK na stanici Bohumín, které mělo za úkol zjistit dojezdové časy a kvalitu průjezdnosti do vytipovaných městských lokalit pro různé druhy, resp. hmotnostní třídy zásahových požárních automobilů. Komplexní vyhodnocení cvičení bylo prezentováno v [13].

Touto formou cvičení (reálné použití výstražných zařízení) se zajistilo, že výsledné časy vozidel odpovídaly skutečným časovým možnostem dojezdu jednotky do příslušných lokalit při reálném zásahu. Hodnocení v rámci cvičení se zúčastnila tato vozidla:

- CAS 25/2500/400 – S/3/Z T 815 4X4 (16 tun – hm. třída S),
- DA 10 – L/1/Z Ford Transit MWB 330 (3,3 tuny – hm. třída L).

Měrný hmotnostní výkon vozidel:

- CAS K 25 T 815 4X4 = 15,95 kW/t,
- DA Ford Transit MWB 330 = 20 kW/t.

Obě vozidla vyjížděla k fiktivním zásahům zároveň a při jízdě do příslušné městské lokality jela po stejné trase vedoucí intravilánem města. Cvičení bylo prováděno v podvečerních hodinách (mimo dopravní špičku), aby byl zjištěn vliv statické dopravy na průjezdnost silnic a ulic v urbanistických aglomeracích (na sídlištích). Výsledky cvičení byly shrnuty do následující tabulky (viz Tab. 3).

Tab. 3 Výsledky prověřovacího cvičení zjišťující rozdíl doby dojezdu jednotky a průměrné rychlosti jízdy k zásahu u vybraných vozidel

Lokality			Průměrná rychlost zásahových požárních automobilů	
ulice	vzdálenost (m)	časový rozdíl (s)	CAS 25 T 815 4X4	DA Ford Transit MWB 330
Sv. Čecha	900	14	30 km/h	35 km/h
Tovární	2500	60	32,5 km/h	41,3 km/h
Kostelní	1200	37	31,5 km/h	43,2 km/h
Jateční	300	12	20 km/h	25,7 km/h

Výsledky provedeného cvičení odhalily poměrně podstatný rozdíl v dojezdových časech a průměrných rychlostech jízdy k zásahu u vybraných vozidel, což jen potvrdilo dříve získané výstupy z analýzy průměrných rychlostí u jednotek PO čtyř demograficky největších měst ČR.

Bylo potvrzeno, že dojezdové časy jednotek PO, resp. průměrná rychlost jejich vozidel, je významně ovlivněna volbou hmotnostní třídy zásahového požárního automobilu. Obecně se dá říci, že čím lehčí bude provozovaný zásahový automobil, tím lze očekávat, že bude dosahovat lepších dojezdových časů k zásahu. Samozřejmě, že hmotnost vozidla není jediným parametrem, který zde sehrává významnou roli, stačí např. zmínit výkon motoru (měrný hmotnostní výkon) zajišťující vozidlu potřebnou dynamiku při jízdě nebo kvalitní zpřevodování hnacího agregátu (např. automatická převodovka) umožňující plynulý přenos krouticího momentu na hnací kola apod. U zásahových požárních automobilů předurčených k prvovýjezdovému řešení MU, které musí umožnit plnění maximálního objemu prací pro jednotku PO, lze snižovat hmotnost vozidla, resp. snižovat jejich hmotnostní třídu jen v určitých mezích. Musí být totiž zajištěno, že vozidlo bude vybaveno potřebným množstvím vody k hašení požárů a bude vybaveno požárním příslušenstvím, které odpovídá druhu a provedení vozidla dle platné legislativy [12].

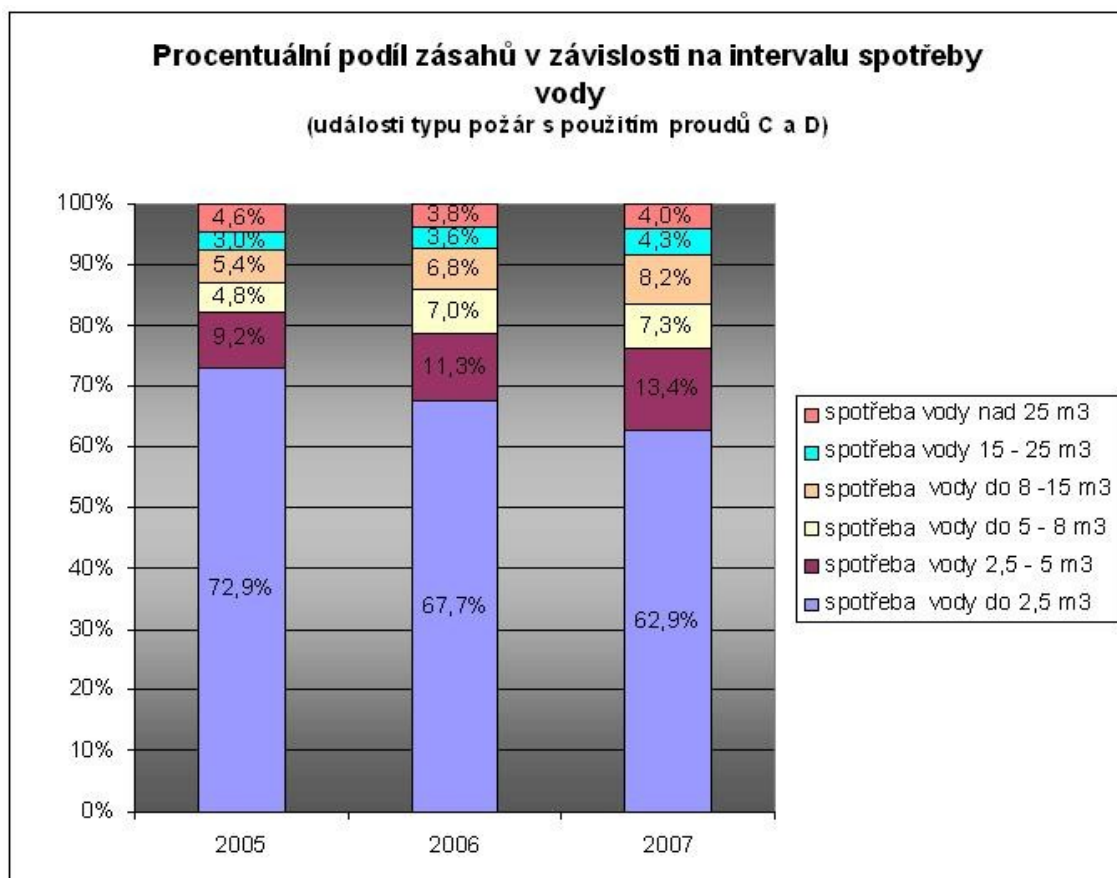
Jak již bylo řečeno dříve, pokud má zásahový automobil do městské zástavby správně plnit požadavky na něj kladené je nutné, aby byly optimalizovány parametry jeho strojového spodku (šasi) s kabinou, resp. v užším slova smyslu podvozku a účelové nástavby. Výsledkem optimalizace pak musí být jednoznačné definování modelu vozidla s celkovou hmotností nižší než je u většiny dnes užívaných konvenčních prvovýjezdových CAS.

Obecně můžeme říci, že na celkové hmotnosti zásahových požárních automobilů CAS se výrazně podílí dvě funkční části, a to strojový spodek s kabinou a jejich vlastní hmotnost a objem (hmotnost) naplněné vodní nádrže v účelové nástavbě vozidla. Proto, abychom snížili hmotnost zásahového vozidla do městské zástavby postačí v prvním případě vybrat konkrétní šasi (dle požadavků uvedených v Kap. 5.1 a 5.3) z nižší typové řady podvozků výrobců nákladních vozidel. Nabízené podvozky, resp. šasi jsou totiž rozděleny dle jejich celkové hmotnosti (nosnosti) do hmotnostních kategorií, které předurčují jejich maximální zatížení. Z toho plyne, že při snížení celkové hmotnosti vozidla částečně klesá i vlastní hmotnost podvozku, aby bylo zajištěno max. potřebné užitečné zatížení. V druhém případě je třeba optimalizovat max. objem vodní nádrže v účelové nástavbě zásahového vozidla tak, aby tento objem vody plně dostačoval (pro většinový podíl zásahů) pro jednotky zasahující na události typu požár v městských lokalitách. Tuto optimalizaci lze provést na základě získaných statistických dat spotřeby hasební vody u zásahu jednotek PO ve vybraných městech.

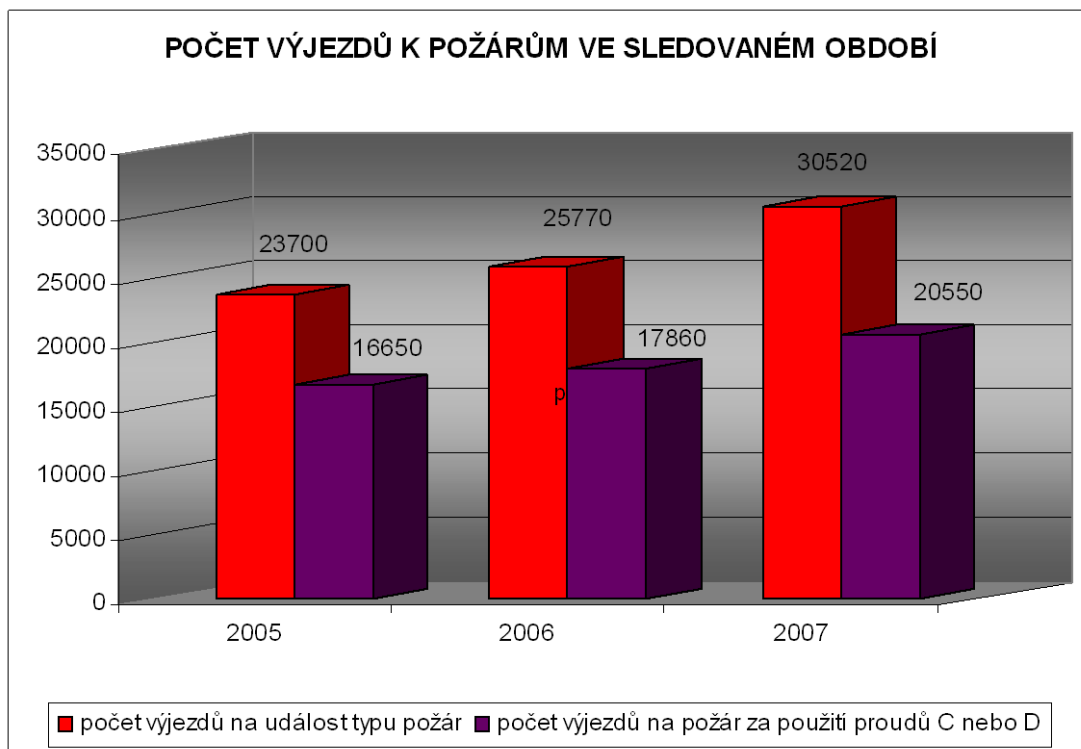
3.3.3. Analýza spotřeby vody u zásahu jednotek PO

Pro vydefinování optimalizovaného modelu zásahového vozidla, který by byl předurčen pro nasazení na zpevněných komunikacích a dislokován v intravilánu městských částí je zásadní určení jeho velikosti, resp. celkové hmotnosti, která bude determinovat zařazení v hmotnostní třídě zásahových požárních vozidel. V návaznosti na již konstatované skutečnosti se velkou měrou na celkové hmotnosti vozidla, a tím i adekvátní volbě nosnosti provozovaného podvozku podílí objem, resp. hmotnost vody v nádrži účelové nástavby. Pokud tedy má být zásahový automobil do městské zástavby, co možná nejrychlejší a z hlediska průjezdnosti a dostupnosti dopravně kritických lokalit, co možná prostorově nejkompaktnější je nutné, aby měl jen takový objem nádrže na vodu, který mu bude stačit k likvidaci většiny druhů požárů, resp. k provedení prvotních hasebních prací do příjezdu posilových jednotek PO.

Určení optimálního objemu nádrže pro zásahový automobil do městské zástavby bylo provedeno analýzou zásahové činnosti jednotek PO, při které se zjišťovalo, jaké je průměrné spotřebované množství hasební vody u požárů ve vytípaných největších městech ČR. Na základě zjištění analýzy lze také přesněji určovat vhodnost nákupu, nebo přidělení zásahové techniky CAS s ohledem na jejich hmotnostní třídu, která určuje celkovou prostorovou velikost automobilů do různých lokalit HZS krajů, tak i do obcí, kde jsou zřízeny jednotky SDH. Statistická analýza byla provedena stejně jako v případě analýzy dojezdových časů a průměrných rychlostí na základě exportu dat z celonárodní databáze SSU-ZOZ. Příslušná data pro celou ČR a následně i pro Prahu, Brno, Ostravu a Plzeň v letech 2005 – 2007 byla odfiltrována a zpracována matematickým aparátem (v tabulkovém editoru) do podoby statistických tabulek a grafů za použití statistických ukazatelů – míry polohy a variability. Podíl zásahů v závislosti na intervalu spotřebovaného množství vody u zásahu je pro celou ČR uveden na Obr. 18. Je vidět, že v průběhu sledovaného období došlo v rámci celé ČR k nárůstu podílu zásahů s vyšším spotřebovaným množstvím vody u zásahu, a to především v intervalu od 2,5 do 15 m³ spotřebované hasební vody na úkor podílu zásahů při nichž bylo spotřebované množství vody do 2,5 m³. Na Obr. 19 je uveden celkový počet výjezdů na MU typu požár v porovnání s počtem událostí, kde byly použity vodní proudy typu C 52 a D 25, resp. vysokotlaké proudy. Zhruba 2/3 všech výjezdů k požárům v ČR je řešeno činnostmi spojenými s hašením právě uvedenými proudy, které jsou tak nejužívanějšími technickými prostředky požární ochrany (dále jen „TPPO“) při likvidaci požárů. Při analýze bylo odfiltrováno cca 20 – 30 % nepoužitelných dat, jelikož neměly uvedenu spotřebu vody u události typu požár nebo byla spotřeba vody uvedena s nulovou hodnotou, kterou však lze použít jen v určitých specifických případech.

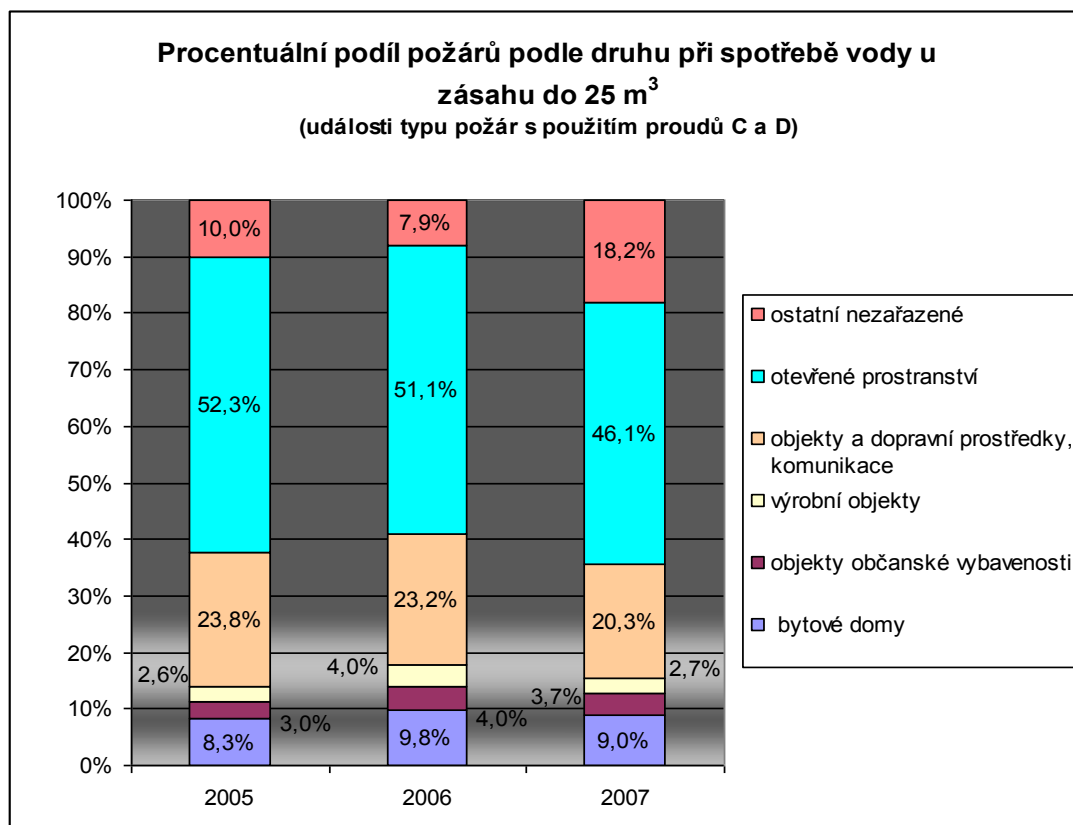


Obr. 18 Podíl zásahů dle intervalu spotřeby vody u zásahu v rámci celé ČR pro léta 2005 –2007



Obr. 19 Počet výjezdů k požárům a výjezdy při nich byly použity vodní proudy typu C a D

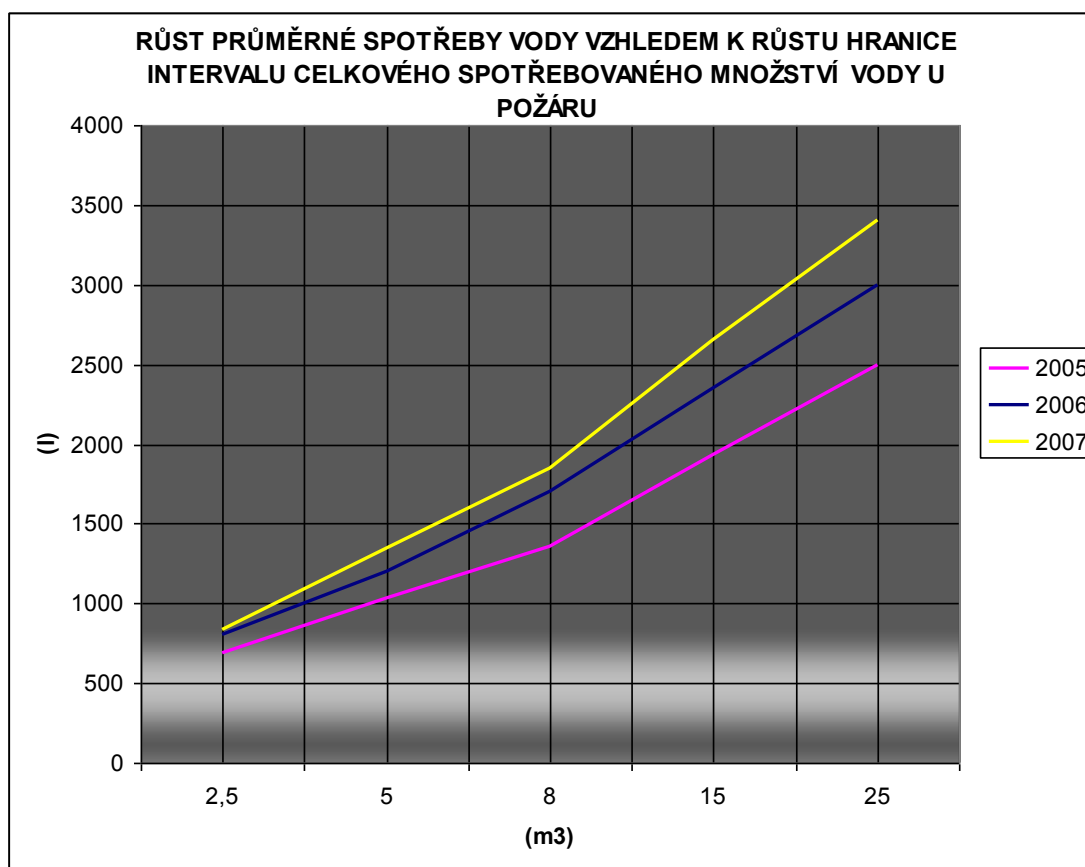
Procentuální rozdělení výjezdů na události typu požár dle jejich druhu (místa vzniku) v intervalu 0 – 25 m³ spotřebovaného množství hasební vody uvádí Obr. 20. Cca 30 – 40 % požárů je tedy řešeno výše uvedenými jednotkami PO uvnitř občanské zástavby, resp. na jejich komunikacích. U tohoto podílu výjezdů k požárům je tedy zásadním předpokladem, že jednotky PO musí mít zajištěnu bezprostřední přístupnost místa MU.



Obr. 20 Procentuální rozdělení požárů dle místa jejich vzniku

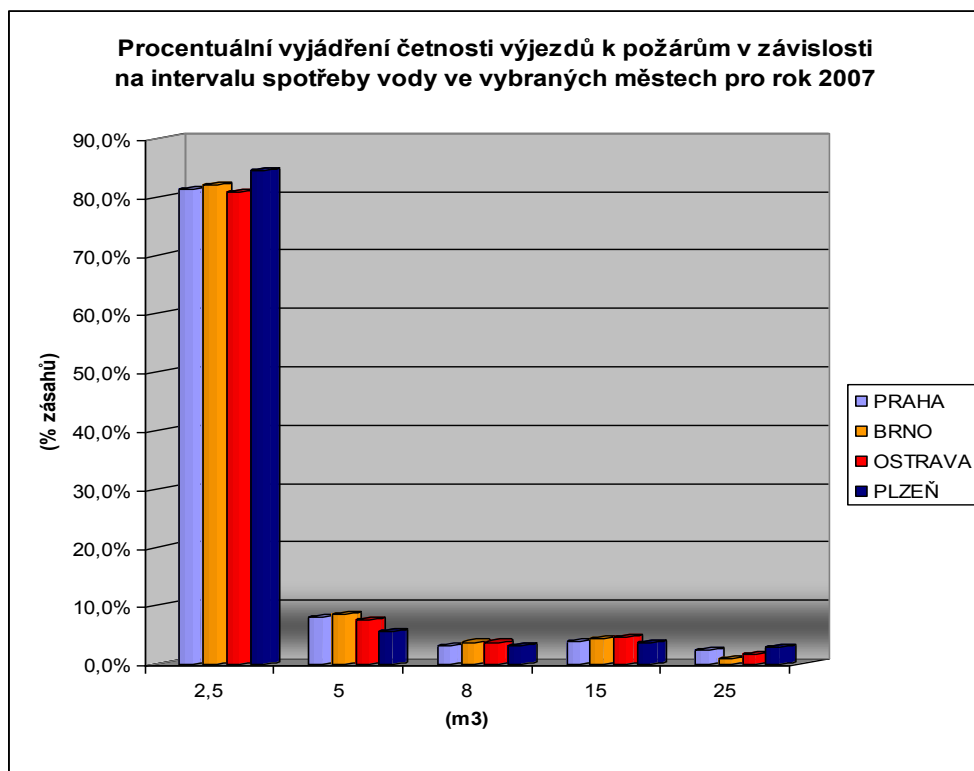
Pro určení dílčí a celkové průměrné spotřeby vody v definovaných intervalech celkového spotřebovaného množství vody u zásahu se provedl aritmetický průměr statistických dat v daném intervalu hodnot, resp. určoval se celkový průměr spotřeby vody u všech zásahů v celém intervalu hodnot spotřeby vody od 0 do 25 m³ (hodnoty spotřeby vody u zásahu nad 25 m³, které byly evidovány u cca 4 % zásahů byly odfiltrovány, jelikož zkreslovaly výsledky). Směrodatná odchylka statistického souboru byla určována jen u dílčích průměrných hodnot spotřeby vody v rámci jednotlivých intervalů celkové spotřeby vody u zásahu, kde nabývala reálných hodnot. Pro hodnoty průměrné spotřeby vody v intervalu do 2,5 m³ nebyly směrodatné odchylky určeny (nereálně vysoké), pro interval vody od 2,5 m³ do 5 m³ nabývaly směrodatné odchylky průměrné spotřeby vody hodnot cca 600 – 700 l, v intervalu od 5 m³ do 8 m³ celkového spotřebovaného množství vody nabývaly směrodatné odchylky průměrné spotřeby hodnot 900 – 1000 l, v intervalu od 8 m³ do 15 m³ spotřeby vody byla statistická disperze průměrných hodnot dána směrodatnými odchylkami na úrovni 1800 – 2000 l a konečně v intervalu od 15 m³ do 25 m³ spotřeby vody nabývaly směrodatné odchylky hodnot 2400 – 2900 l. Trend růstu průměrného množství spotřebované hasební vody u zásahu je vidět

z Obr. 21, a to v celém intervalu hodnot spotřeby vody u zásahu v rozsahu od 0 do 25 m³ vody.

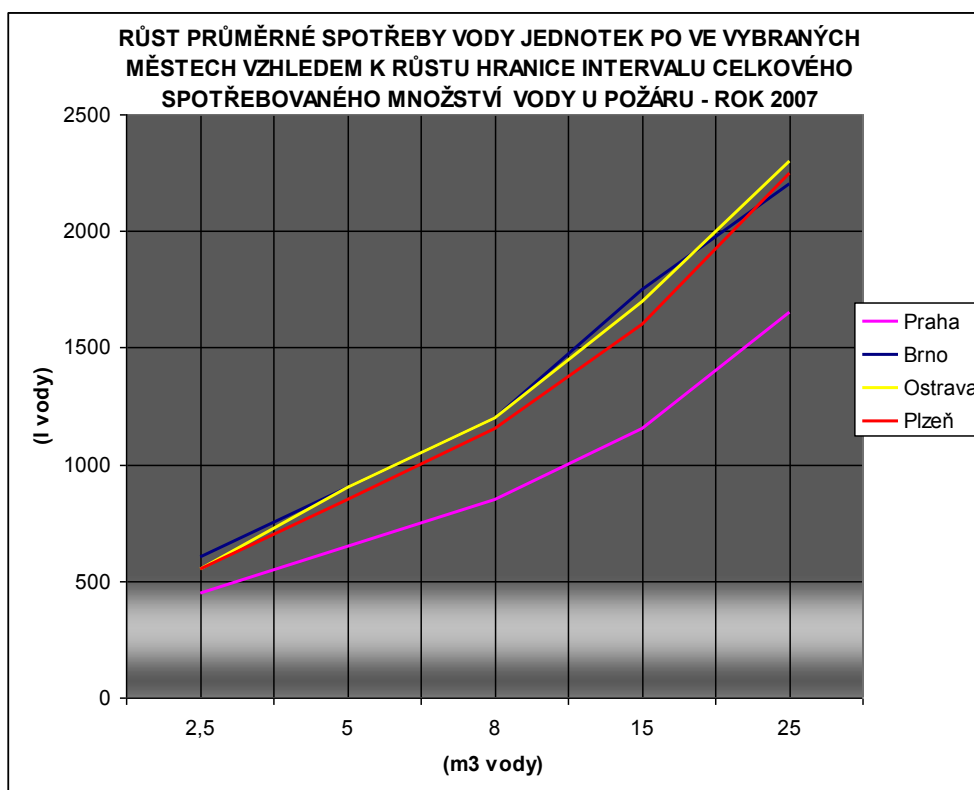


Obr. 21 Vývoj průměrné spotřeby vody u zásahu vzhledem k rostoucímu intervalu spotřeb

U jednotek PO hl. m. Prahy, Brna, Ostravy a Plzně v uvedeném rozdělení četnosti výjezdů k požárům na Obr. 22 vztahenému k intervalům celkového spotřebovaného množství vody jasně dominují zásahy na požáry do celkového spotřebovaného množství 2,5 m³ vody. Z grafů uvedených na Obr. 22 a 23 vyplývá, že cca. 90 % všech zásahů na požáry je v těchto městech likvidováno průměrnou spotřebou 1200 l vody (tomu odpovídá interval spotřeby vody: 0 – 8 m³, jehož maximální hodnota odpovídá obvykle největšímu množství vody, kterým je schopna jednotka PO disponovat na jediném zásahovém automobilu, jakým je např. Tatra T 815 s označením podle [11,12] CAS 32/8200/800 – S/2/Z). V Praze je toto množství vody ještě nižší a je dokonce pod hranicí 1000 l vody na zásah. Pokud ve výše uvedených městech budeme brát v potaz pouze interval celkové spotřeby vody u požáru do 2,5 m³, pak tento údaj odpovídá četnosti zásahů jednotek PO zhruba na hranici 80 % všech výjezdů na požáry a průměrné spotřebě vody u zásahu dokonce jen 550 l vody.

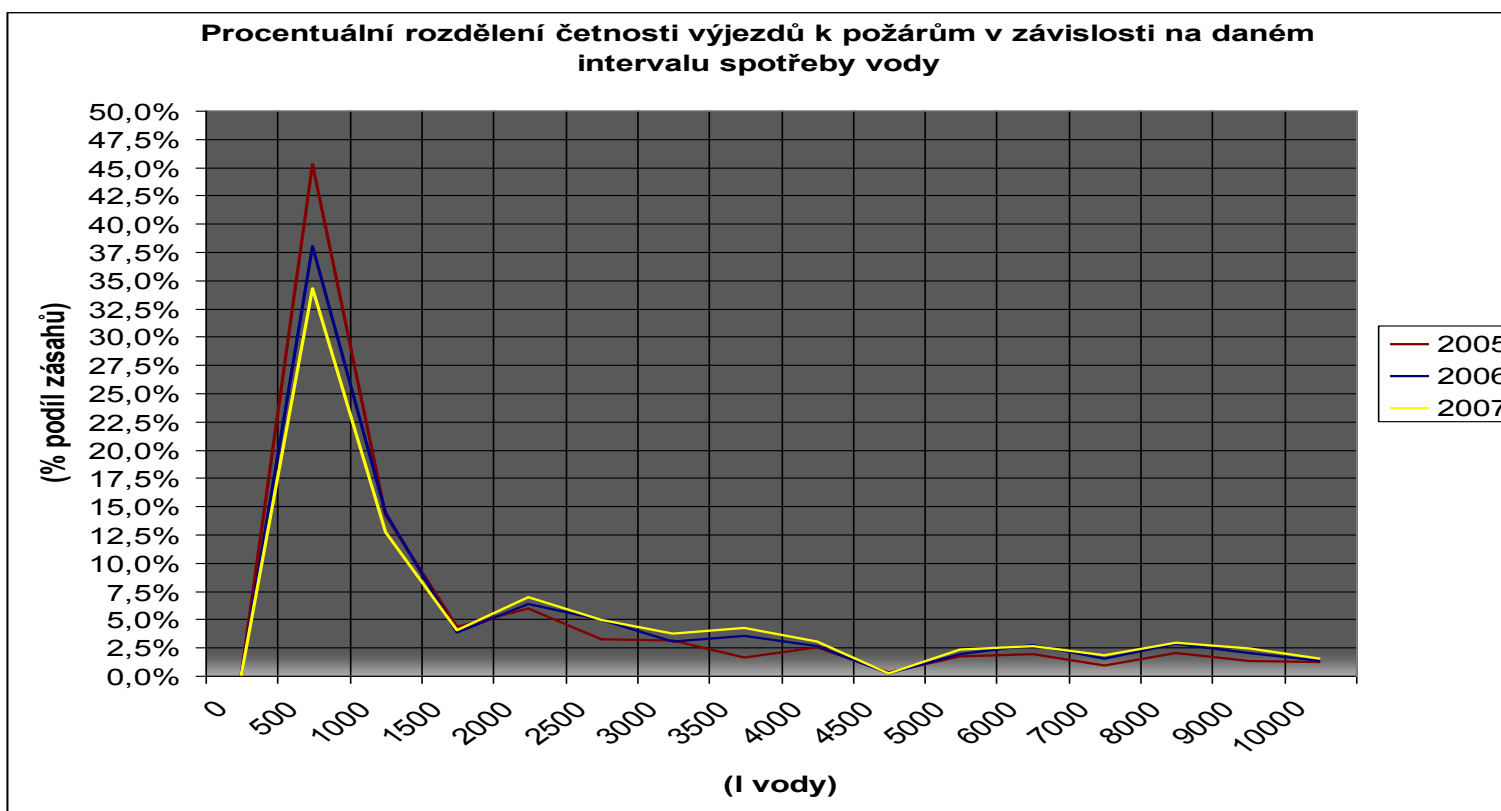


Obr. 22 Vyjádření četnosti zásahů JPO ve městech dle intervalů spotřeby vody u zásahu



Obr. 23 Růst průměrné spotřeby vody u zásahu v závislosti na zvětšujícím se intervalu spotřeby vody vybraných jednotek PO

Poslední obrázek analýzy spotřeby vody u zásahu jednotek PO (viz Obr. 24) uvádí procentuální rozdělení četnosti výjezdů k požárům v dříve uvedených městech ve vztahu k jednotlivým zhuštěným intervalům spotřeby vody u těchto zásahů. Toto rozdělení četnosti podrobně ukazuje výši procentuálního zastoupení výjezdů v intervalech celkové spotřeby vody u požárů s rozsahem po 500 l. Z posledních dvou obrázků lze poměrně snadno stanovit optimální velikost objemu vodní nádrže pro zásahový požární automobil do městské zástavby tak, aby byla zajištěna její efektivní využitelnost pro maximální podíl zásahů na událost typu požár. Pokud budeme uvažovat vybavení zmíněných městských jednotek PO modelem vozidla z lehké hmotnostní třídy, pak bude postačovat objem vodní nádrže max. 1000 l, bude-li se jednat o model prvovýjezdové CAS ze střední hmotnostní třídy, pak bude plně dostačující nádrž na 2000 l vody v účelové nástavbě automobilu, který tak bude schopen bez další pomoci obsloužit cca 95 % výjezdů k požárům.



Obr. 24 Četnost výjezdů k požárům ve městech dle intervalu spotřeby vody u zásahu pro léta 2005 - 2007

4. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU MOBILNÍ POŽÁRNÍ TECHNIKY U HZS ČR

„Ve vybavení jednotek PO panuje značné napětí způsobené zastaralostí a nedostatkem techniky z důvodů chybějících kapitálových výdajů v dlouhé řadě minulých let. Uvedené problémy byly v roce 1993 důvodem k hledání úspornějšího modelu organizace jednotek PO v podobě plošného pokrytí území ČR silami a prostředky jednotek PO. Systém plošného pokrytí mimo jiné optimalizoval i výdaje na požární ochranu a reagoval na drastický nárůst cen základní požární techniky v 90. letech. Usnesení vlády v roce 1994 reagovalo na uvedený deficit ve vybavení základní požární technikou a věcnými prostředky tím, že navrhlo jeho postupné odstraňování formou obměny a dovybavení jednotek PO ve výši 400 mil. Kč investičních výdajů ročně podle možností státního rozpočtu. To však nebylo do roku 2003 plněno“ [14].

Z analýz a inventarizací GR HZS ČR provedených a předložených vládě v roce 2005 vyplynulo, že reálná potřeba zejména obměny a doplnění vybrané požární techniky alespoň na udržení tehdy stávajícího, byť zcela neuspokojivého stavu u HZS ČR byla ve výši cca 5,1 mld. Kč, v cenových relacích roku 2005.

Dřívější stav struktury zastaralosti movitého majetku HZS krajů u základních zásahových požárních automobilů s dobou životnosti 8 a 10 let a speciálních zásahových požárních automobilů s dobou životnosti 16 let uvádí Tab. 4.

Tab. 4 Struktura zastaralosti mobilní požární techniky u HZS ČR, rok 2005 [14]

Název požární techniky	Životnost v letech	Počet k 31.12.2005	Počet nad hranici životnosti vyžadující obnovu	%
Cisternová automobilová stříkačka	10	674	493	73
Automobilový žebřík	16	150	79	53
Automobilová plošina	16	87	57	66
Dopravní automobil	16	126	87	69
Rychlý zásahový automobil	8	98	60	61
Vyprošťovací automobil a aut. jeřáb	16	53	33	62
Technický automobil	16	122	47	39

„Obce rovněž zanedbávaly investice do požární techniky, takže pokud přičteme kapitálové výdaje na požární techniku a věcné prostředky pro jednotky SDH obcí zjistíme, že potřebné investiční finanční prostředky pro HZS ČR byly mnohem vyšší, než dříve uváděná čísla. Přitom je nutné zdůraznit, že vybavení jednotek PO je jako minimální stanoveno právním předpisem a jednotlivé stanice mají typizované vybavení dané vyhláškou 247/2000 Sb., o organizaci a činnosti jednotek PO, ve znění vyhlášky 226/2005 Sb. Cílem další novelizace vyhlášky, která byla realizována v lednu 2008, bylo provést úpravy (redukci) ve vybavení HZS ČR a jednotek SDH vybraných obcí požární technikou a vybranými TPPO. Výsledkem by mělo být snížení celkových prostředků pro obnovu techniky a tedy úspora ve výši cca 500 mil. Kč rozložená v období 10 let“ [14].

„Na dlouhodobých problémech nejenom s obnovou základní, ale také speciální techniky pro řešení následků rozsáhlejších MU se projevuje skutečnost, že se přes všechny snahy nepodařilo prosadit zákonnou normu, aby se pojišťovny podílely na financování požární ochrany, neboť většina uchráněných hodnot je jejich profitem. Podíl pojišťoven ve výši cca 1000 mil. Kč by problémy s investicemi do techniky jednotek PO vyřešil“ [14].

V roce 2007, po dlouhých letech a nutných nesystémových řešeních ze strany HZS ČR, se podařilo prosadit program na úrovni Ministerstva vnitra – Program periodické obnovy základní požární techniky jednotek zařazených do plošného pokrytí. Tento původně pětiletý program byl nastartován od roku 2007 a jeho smyslem byla obměna zásahové požární techniky u jednotek SDH obcí prostřednictvím HZS krajů, která spočívala v pořízení nových CAS v počtu cca 40 ks ročně, jako náhrada za zastaralé CAS ve stáří nad 10 let u HZS ČR. Hlavní myšlenkou programu bylo pětileté použití CAS nejdříve u HZS ČR, resp. HZS krajů a pak následný bezúplatný převod jednotkám SDH obcí, kde by byla používána až do fyzického vyřazení. Tímto záměrem byla uvažována obměna jak u HZS ČR, tak u jednotek SDH obcí, kde je problém s obnovou zastaralé požární techniky daleko hlubší než u HZS ČR.

„Analýza stavu počtu CAS v letech 2006 – 2012 u HZS ČR při pořízení 40 ks nových CAS ročně je uvedena v Tab. 5. Přes uvedenou obměnu a snížení stavu, bude u HZS ČR v roce 2011 přes 48 % CAS starších 10 let, tedy opět vyžadujících prostou obnovu za zastaralé“ [14]. Přestože bylo analýzou v roce 2007 konstatováno, že i obměna 40 ks CAS ročně bude po roce 2011 nedostačující (má-li se snížit počet CAS se stářím nad 16 let), došlo z hlediska masivních úspor ve státním rozpočtu v roce 2010 k redukci počtu dodaných vozidel z veřejné státní zakázky na 20 ks. V roce 2011 bude dokonce dodávaný počet vozidel HZS krajům ještě nižší, a to asi jen 9 ks CAS při redukci finančních prostředků jednotlivým HZS krajům v takové míře, že nelze počítat s obnovou techniky na úrovni HZS krajů z vlastních zdrojů.

Tab. 5 Analýza programu obnovy a jeho vliv na stáří CAS v letech 2006 – 2012, [14]

Analýza konstantního počtu 674 ks CAS u HZS ČR v letech 2006-2012 při 40 ks nových CAS ročně														
	2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
Stáří do 10 let	181	27	206	31	238	35	274	41	314	47	352	52	350	52
Stáří do 16 let	123	18	107	16	112	17	119	18	132	20	128	19	104	15
Stáří nad 16 let	370	55	361	54	324	48	281	42	228	34	194	29	220	33
Celkem	674		674		674		674		674		674		674	
Průměrné stáří-roky	15,29		13,94		12,93		12,02		11,13		10,23		10,82	

Proti ekonomickým výhodám centrálního nákupu vozidel CAS pro HZS ČR však na počátku programu obnovy stály specifické požadavky každého HZS kraje, které vyplývaly z dlouholeté nejednotnosti užívaných šasi nákladních automobilů, tak i využití samotného prostoru požární nástavby TPPO. Dá se říci, že po celou dobu trvání programu obnovy nebyly odstraněny jeho “dětské nemoci“, jakými byly:

- Kompromisní řešení unifikované nástavby pro různé šasi vedlo ke zvýšení těžiště nástavby, resp. celého vozidla ve svislém směru osy z, což způsobilo nepatřičné chování požárních vozidel při jízdě v zatáčkách a při přejíždění příčných nerovností (návaznost na odpružení šasi).
- Vzhledem k omezenému objemu finančních prostředků na realizaci veřejných zakázek byl kladen důraz na kvantitu (zajistit dodávku vozidel v počtu daným programem obnovy za každou cenu) než kvalitu zpracování, která by zlepšila akceschopnost, stejně tak zvýšila jakost a spolehlivost šasi, resp. nástavby, ale snížila počet dodaných vozidel.
- Zpracování kabiny osádky a nástavby, jakož i vybavení TPPO odpovídalo poměrně nízké pořizovací ceně vozidla nabídnuté dodavatelem zakázek. To obvykle neodpovídalo zavedeným standardům u HZS krajů a náprava tohoto stavu byla spojena obvykle s dodatečnými náklady.
- Zadávací podmínky zakázek (řízení) z hlediska technické specifikace šasi byly velmi obecné, chyběly základní požadavky na parametry funkčních částí šasi, což vedlo k nejednotnosti nabídek ze strany dodavatelů a k různým spekulacím, které nepříspěly k transparentnosti celého procesu zakázek.

Dá se říci, že do programu byly následně implementovány některé mechanismy, které měly daleko lépe reflektovat jednotlivé požadavky ze strany HZS krajů. Konkrétně se jednalo např. o individuální nastavení objemu vodní nádrže nástavby CAS pro daný HZS kraje. Daleko závažnějším tématem však byla polemika ohledně celkového zpracování i nebývalé poruchovosti jak šasi, tak nástaveb nových vozidel v záruční době.

„Zásahové požární automobily jsou vyráběny na komerčních automobilových šasi s životností 6 až 8 roků, přičemž provozní doba života ostatních skupin nástavby požárního automobilu je přizpůsobena. Životnost, resp. spolehlivost zásahových automobilů je do značné míry také ovlivněna jejich používáním v extrémních provozních podmínkách, i když tento vliv se stále zmenšuje díky modernějším a technologicky vyspělejšími funkčním částem šasi dnešních nákladních automobilů. Zastaralost techniky přesto zvyšuje výdaje na provoz a opravy, snižuje se tím její spolehlivost a u techniky, která slouží pro záchranu osob je to věc o to více burcující. Průběžně také dochází ke zpřísnování mezinárodních i národních právních a technických předpisů pro provoz i konstrukci vozidel“ [14].

Současný stav ve vybavení HZS ČR zásahovými požárními automobily a technickými prostředky je možno charakterizovat jako stav, který není ideální, nicméně stabilizovaný, což se díky pozastaveným investicím ve větším rozsahu může rychle změnit. Po čtyřech letech aplikace programu obnovy mobilní požární techniky je možno konstatovat, že se podařilo dodat k HZS ČR cca 120 ks nových CAS střední hmotnostní třídy a cca 35 ks CAS z těžké hmotnostní třídy, které tak nahradily morálně a fyzicky zastaralé, popř. starší a tím provozně nákladnější CAS u HZS krajů. Poslední dva roky však dochází ke značnému redukování investičních nákladů ze státního rozpočtu pro kapitolu ministerstva vnitra, což prakticky nedovoluje pokračovat v programu za dříve schválených podmínek. Je proto pravděpodobné, že rokem 2011 uvedený program obnovy skončí a bude nahrazen koncepcí pod názvem „Jednotné vybavení HZS ČR cisternovými

automobilovými stříkačkami“ [41] schválenou GRH HZS ČR v prvním pololetí 2011, která by měla pokračovat v modifikovaném modelu obměny požárních techniky CAS za pomoci finančních zdrojů poskytnutých z operačních programů EU.

„Nedostatek investičních výdajů pro požární techniku a prostředky požární ochrany jednotek PO se od roku 1994 snížil o cca 2 mld. Kč. Přesto trvá dodnes a navíc je o to dramatičtější, protože s inflací rostou stále ceny mobilní požární techniky, čímž se aktuální deficit prohlubuje. Ukazuje se, stejně jako v minulosti, že nezbytné náklady na udržení stávajícího stavu použitelnosti techniky a tedy akceschopnosti HZS ČR a jednotek SDH vybraných obcí jsou ročně ve výši cca 700 mil. Kč“ [14].

Jaká bude zvolena strategie výběru a obměny nové koncepce CAS je zatím otázkou, nicméně vlastní koncepce uvažovala rozdělit vozidla do několika druhů dle předurčenosti, tedy na jaké MU bude primárně zasahovat a podle dislokace, kde bude požární technika umístěna. Pokud se bude jednat o požární automobily, které budou dislokovány ve městech a jejich hasební obvody budou zahrnovat centra měst, sídliště a lokality s vysokou dynamickou a statickou dopravou je nezbytné, aby tato vozidla byla schopna zasáhnout v co nejkratším čase, a to i přes negativní vlivy spojené s jízdou v městské zástavbě. Tato vozidla tak budou muset splňovat daleko přísnější kritéria z hlediska vhodného výběru šasi, např. jejich rozměry a výkon hnacího agregátu bude muset zajistit rychlejší akceleraci a průjezdnost v zatáčkách, nebo v úzkých profilech mezi stojícími vozidly. Samozřejmě i nástavba tohoto vozidla bude muset plně vyhovovat požadavkům na řešení událostí běžného rozsahu s tím, že vodní nádrž a požární příslušenství se přizpůsobí prostorovým možnostem vozidla dle skutečného a obvyklého užití TPPO v městských lokalitách. Nadstandardní parametry šasi CAS budou mít i další přidanou hodnotu, a to z hlediska spolehlivosti, bezpečnosti, ovladatelnosti, pohody řízení a výkonnosti motoru vozidla, které zásadním způsobem ovlivňují vlastní proces jízdy. Při zajištění potřebné údržby může dojít u těchto CAS k prodloužení reálné životnosti vozidla u jednotek PO. Velice výmluvným příkladem jsou např. nová zásahová požární vozidla hasičských sborů v USA, kde mají jejich motory a převodovky obvyklou životnost 20 let a podle tohoto parametru je životnost ostatních skupin nástavby požárního automobilu přizpůsobena.

4.1. Současná skladba požární techniky jednotek PO ve vybraných HZS krajů

Současný stav mobilní požární techniky - prvovýjezdových CAS u vybraných HZS krajů a HZS hl.m. Prahy a její různorodost je ukázána v Tab. 6.

Tab. 6 Současný stav prvovýjezdových CAS u vybraných HZS krajů

	Skladba továrních značek šasi CAS			
	město		mimo město	poznámka
HZS	centrum	periferie		
hl.m. Prahy	MB Atego (S) Dennis (M)	MB Atego (M) Iveco M. (S)		vodní nádrž CAS: 1800-3000 l, ve městě pouze vozidla s pohonem 4 x 2, (výjimka HS Smíchov a Radotín)
ÚO Ostrava	MB Econic (S) Dennis (M)	Dennis (M)	rovina - MB Atego 4 x 2 terén - MB Atego 4 x 4 nebo Tatra 815 4 x 4	vodní nádrž CAS: 1800-2700 l, ve městě pouze vozidla se silničním pohonem 4 x 2
ÚO Brno	MAN (M,S)	MAN (M)	MAN 4 x 4, nebo Tatra 815 4 x 4	vodní nádrž CAS: 2000-3000 l, ve městě vozidla s pohonem 4 x 2 i 4 x 4
ÚO Plzeň	Scania (S)	Scania (S) Iveco M. (M)	MB Atego 4 x 4, nebo Tatra 815 4 x 4	vodní nádrž CAS: 3200-4000 l, ve městě pouze vozidla s pohonem 4 x 4

Pozn. uvedeny jsou typy šasi (podvozku) = tovární značka, druhy pohonu = silniční (4x2), smíšený (4x4), v závorkách jsou uvedeny hmotnostní třídy vozidel dle ČSN EN 1846-1 (M = do 14 tun, S = nad 14 tun),

Jak je možno vidět ve výše uvedené tabulce je různorodost prvovýjezdových CAS v městských aglomeracích vybraných HZS krajů poměrně značná, a to nejen z hlediska tovární značky (výrobce) šasi, ale také z hlediska používaného druhu pohonu (kolová formule) vozidla a objemu vodní nádrže v nástavbě, která zásadním způsobem ovlivňuje zařazení vozidla do dané hmotnostní třídy požárních vozidel. Přestože je třeba respektovat místní poměry hasebních obvodů výše uvedených jednotek PO, je účelné definovat standardizované modely požárních automobilů, a to nejen do městské zástavby, jak již bylo uvedeno v předcházející kapitole. Určitě správným řešením je v centrech měst provozování CAS ze střední hmotnostní třídy, především z hlediska jejich obvykle lepší dynamiky jízdy díky nižší celkové hmotnosti a prostorovým parametrům, jak uvádějí průzkumy v Kap. 3.3.1 a 3.3.2. Pro jednotky PO dislokované v centrech velkých měst (v intravilánu města), popř. i na periferiích města (v extravilánu města), kde není výraznější výškové převýšení je bezesporu vhodnější využívat šasi s uspořádáním pohonu 4x2 pro provoz na zpevněných komunikacích, jak je možno vidět u HZS hl.m. Prahy a HZS ÚO Ostrava. Vozidla se silničním typem šasi (kategorie 1 – městská, udává schopnost zdolávat terénní podmínky dle ČSN EN 1846-1) s jednou hnací nápravou mají totiž z podstaty konstrukce obvykle tuhé nápravy nižší světlou výšku a tím i nižší těžiště zajišťující vyšší stabilitu vozidla při manévrování a jízdě v zatáčkách. Kromě vozidel Tatra, které mají nezávislé zavěšení a pružení kol vycházející z nosné roury na páteřovém rámu

podvozku, mají ostatní šasi nákladních vozidel s uspořádáním pohonu 4x4 (plněpohonné podvozky kategorie 2 pro smíšený provoz dle ČSN EN 1846-1) a tuhými nápravami díky vyvedenému pohonu na přední kola vyšší hmotnost, vyšší světlou výšku kabiny i nástavby. Celkově tak dochází k nárůstu vertikální výšky těžiště vozidla, což se negativně odráží na jeho vlastnostech a chování při změnách směru jízdy v příčném směru i průjezdu zatáčkami. Ovládací a manévrovací vlastnosti dále snižuje i použití pneumatik do smíšeného provozu a jejich velikost, resp. šířka.

Když přišla firma Dennis v roce 1991 s novým typem šasi s kabinou nazvanou Rapier, byl to naprostý zlom na poli požárních automobilů určených pro provoz v městské zástavbě. Tehdy jejich koncepce svařovaného trubkového rámu umožnila vznik velmi nízkého podvozku s nezávislým zavěšením předních kol a kotoučovými brzdami doplněnými systémy ABS a ASR. Díky podvozku, jehož konstrukce spíše připomínala osobní vozidlo a nízko položenému těžišti, dosahoval tento vůz vynikající stability i při jízdě v ostrých zatáčkách. Když se k tomu přidal motor Cumminus s výkonem 250 k a pětistupňová automatická převodovka Allison dosahoval velmi lehký podvozek takových vlastností, kterým se nebyla schopna konkurence přiblížit ani po 20 letech od uvedení tohoto podvozku do provozu. Kompaktní a výkonné CAS Rapier, později i Sabre a Dagger se tak těšily velké oblibě mezi hasičskými sbory v nejrůznějších městech celé Evropy včetně několika sborů v ČR. Před časem však firma John Dennis Coachbuilders Ltd. (dříve Saxon specialist vehicles), ukončila výrobu těchto vlastních šasi pro požární automobily a dnes už pouze realizuje požární nástavby na konvenčních sériových šasi jiných továrních značek nákladních automobilů. Dá se říci, že tímto skončila jedna velká kapitola opravdu povedených a na míru postavených požárních automobilů a stejně jako dnes jednotky PO v Praze a Ostravě musí i hasičské sbory v zahraničí hledat adekvátní náhradu za zmiňované dosluhující automobily Dennis, což není vůbec jednoduchý úkol. Dnešní situace na evropském trhu s požárními vozidly se dá obecně popsat tak, že hasičské sbory mají možnost pořídit zásahová vozidla, ku příkladu CAS, obvykle jen na sériových šasi automobilek tzv. evropské šestky, mezi něž patří Mercedes – Benz, MAN, Scania, Iveco, Renault a Volvo. Další možností je český výrobce nákladních vozidel Tatra, která má oproti výše jmenovaným zcela odlišnou koncepci šasi vykazující velmi dobré jízdní vlastnosti v těžkém terénu. Výrobci požárních vozidel, resp. nástaveb přizpůsobují dle požadavků zákazníků konvenční šasi z modelových řad výrobců nákladních automobilů, čímž dostává výrobek (vozidlo) potřebné vlastnosti. Problém však může nastat, pokud jsou požadavky zákazníků nestandardní, tedy ne běžně konfigurovatelné na onu modelovou řadu šasi nákladního automobilu, které má být použito v aplikaci jako požární automobil. V takovém případě dodavatel požárního automobilu buď nabídne jinou typovou řadu šasi identické značky, nebo šasi zcela jiného výrobce pokud je schopno nabídnout parametry, které si zákazník žádá. Třetí alternativou je, že zákazník, tedy jednotky PO sleví ze svých představ při nákupu požární techniky a spokojí se s určitou variantou, která ne zcela odpovídá původnímu zadání požárního automobilu.

A právě definování základních parametrů pro městský požární automobil v aplikaci pro zásahy v intravilánu měst si žádá poměrně sofistikovanější přístup než u zadávacích podmínek běžně provozovaných CAS. Aby daný automobil plnil plnohodnotně své úkoly, bude nutné počítat s nestandardními požadavky a konfiguracemi, které sice uvedený automobil prodraží, ale na druhou stranu mu

dobadí potřebnou přidanou hodnotu, která dnes většinou provozovaných vozidel CAS u jednotek PO chybí. Když se podíváme na nabídku již zmínované velké šestky importérů nákladních vozidel v ČR zjistíme, že modelové (typové) řady šasi a jejich základní parametry jsou velmi obdobné. Takže nelze jednoznačně určit, která modelová řada šasi konkrétního výrobce je nejvhodnější pro konfiguraci zásahového automobilu do městské zástavby (bude řešeno multikriteriální analýzou v poslední části disertační práce). Pokud budeme uvažovat zjednodušení, že u nových typově srovnatelných nákladních vozidel všech importérů jsou základní parametry jejich šasi víceméně podobné, pak jsou obvykle hlavními rozhodovacími parametry pro výběr šasi požárního automobilu např. CAS: kupní (pořizovací) cena šasi s kabinou a jeho spolehlivost. Spolehlivost přitom s pořizovací cenou úzce souvisí, protože pořídíme-li levnější šasi vozidla, může být jeho spolehlivost nižší než u dražších konkurentů, čímž stoupnou po určitém období provozu celkové kumulativní náklady. V konečném efektu tak mohou být u levnější varianty CAS vyšší celkové náklady na provoz, opravy a údržbu, způsobující snížení optimální životnosti, tedy doby hospodárního provozu vztažené ke klesající pořizovací ceně vozidla v čase. Nabízí se tedy druhá hypotéza, zdali má výše pořizovací ceny šasi CAS přímý vliv na její spolehlivost a následně i na optimální dobu životnosti vzhledem ke kumulativním udržovacím nákladům. Zjišťování spolehlivosti nákladních vozidel je však velmi obtížné. Je to jednak dáno různými specifiky provozování hmotnostně odlišných modelových řad šasi a nefungujícím nebo jen omezeným sběrem spolehlivostních dat od dopravců, resp. od autorizovaných servisů k zastoupení importérů. Základní data o poruchovosti však každá automobilka vyhodnocuje, bohužel je těžké se k nim dostat, jelikož si je úzkostlivě tají před konkurencí a zveřejněním.

Abychom vůbec mohli ověřit vyřčenou hypotézu a zjistit spolehlivostní data včetně jejich vlivu na pořizovací cenu při dlouhodobějším provozování, jakož i udržovací náklady, provozní náklady a optimální životnost vytipovaných šasi prvovýjezdových CAS, bylo zapotřebí provést sběr dostatečného množství dat o provozu a údržbě požárních automobilů CAS u HZS krajů.

4.2. Analýza spolehlivosti šasi prvovýjezdových CAS u HZS ČR

Z důvodu dlouhodobé absence podrobnějších spolehlivostních dat zásahových vozidel u HZS ČR, které by definovaly časový vývoj nejdůležitějších parametrů spolehlivosti v úzké souvislosti s hospodárností provozu nejčastěji užívaných automobilů u HZS ČR, se zrodila a následně částečně realizovala myšlenka celorepublikového spolehlivostního srovnání u vybraných typů šasi CAS. Základem pro vlastní analýzu byl sběr dat o provozu a údržbě, resp. opravách zásahových požárních automobilů CAS předurčených k řešení mimořádných událostí prvním organizovaným výjezdem, tedy prvovýjezdových vozidel. Sběr dat proběhl u vytipovaných jednotek HZS krajů na přelomu roku 2009/2010, a to pro časové období uvedení automobilů do provozu až do konce roku 2009. Průzkum byl zaměřen na objektivní zhodnocení konkrétního továrního zpracování šasi zásahových automobilů včetně vozidlové kabiny. Poruchovost účelové nástavby v prvních dvou částech analýzy nebyla řešena. Provedení vlastní analýzy bylo v souladu s teorií provozní spolehlivosti pro oblast vozidel [15].

Z hlediska množství a kvality ukládaných statistických dat o provozu mobilní požární techniky u HZS krajů byla provedena analýza spolehlivosti na základě bezporuchovosti, která je základní a nejčastěji hodnocenou dílčí vlastností spolehlivosti vozidel, resp. opravovaných výrobků. Pro účely analýzy se evidovaly pouze úplné poruchy (s různým mechanismem vzniku), resp. opravy, které byly vyjádřeny stavem mimo provoz, kdy vozidla prokazatelně nemohla plnit požadovanou funkci a nebyla tedy akceschopná k výjezdu. Ekonomická hospodárnost při provozu vozidlového parku byla řešena nákladovostí na odstranění poruch, tedy prokazatelně vynaloženými finančními prostředky na opravárenské práce a náhradní díly. V tomto kontextu např. výměna žárovky u světlometu na kabině CAS nebyla evidovaná jako porucha, i když je fakticky poruchou částečnou. Příslušné strojní služby HZS krajů poskytly ze svých interních databází potřebná data v jednotné tabelované formě. Část dat pro analýzu vozidel za hranici životnosti dle řádu strojní služby HZS ČR (dále jen „ŘSS HZS ČR“) byla převzata z již dříve zpracovaných analýz [16, 17].

Spolehlivostního srovnání se zúčastnilo celkem 30 požárních automobilů CAS:

- HZS kraje Vysočina (tovární značka vozidel: Tatra, počet vozidel: 3 ks),
- HZS Zlínského kraje (tovární značka vozidel: Renault, počet vozidel: 5 ks),
- HZS Plzeňského kraje (tovární značka vozidel: Scania a Tatra, počet vozidel: 2 ks, 2 ks),
- HZS Jihomoravského kraje (tovární značka: Man, počet vozidel: 4 ks),
- HZS Moravskoslezského kraje (tovární značka: Mercedes-Benz, počet vozidel: 3 ks),
- HZS hl. m. Prahy (tovární značka: Mercedes-Benz, počet vozidel: 5 ks),
- HZS Moravskoslezského kraje a hl. m. Prahy – analýza spolehlivosti vozidel CAS za hranici životnosti dle ŘSS HZS ČR (tovární značka: Dennis, Iveco a Tatra, počet vozidel: vždy po 2 ks).

V první a hlavní části analýzy byly zkoumány parametry spolehlivosti požárních automobilů CAS s dobou provozu odpovídající zhruba střední době životnosti definované dle ŘSS HZS ČR (cca 5 let). Byla vybírána a posuzována vozidla s dostatečným, resp. srovnatelným ročním kilometrickým průběhem odpovídajícím prvovýjezdové CAS. Veškeré statistické údaje získané z provozu vozidel v tabelované podobě byly zpracovány matematickým aparátem (porovnání průběhu spolehlivosti s exponenciálním rozdělením spojitě náhodné veličiny) v podobě statistických tabulek a grafů za použití statistických ukazatelů míry polohy a variability. Vzhledem k nedostatku údajů zaznamenávaných strojními službami o chování systému (poruchovosti vozidel), bylo zvoleno nejčastěji užívané a jednodušší exponenciální rozdělení bezporuchovosti pro snazší určení jeho dílčích parametrů. Byly zaznamenávány absolutní hodnoty počtu poruch, resp. kritických poruch, které mohou způsobit ohrožení bezpečnosti osádky vozidla či jiných účastníků silničního provozu nebo způsobit značné materiální škody. Z hlediska hospodárnosti provozu vozidla byla zaznamenávána absolutní hodnota vynaložených nákladů na opravy poruch, popř. i časová náročnost provedení oprav, což je opět velmi důležitý údaj o opravitelnosti, související se zajištěním pohotovosti zálohy. Pro vzájemné porovnání

šasi CAS různých výrobců byly užity tyto relativní hodnoty ukazatelů spolehlivosti a hospodárnosti:

- *Střední doba mezi poruchami T_s , $[T_s] = \text{km/porucha}$, jako výběrový průměr provozních dob mezi poruchami je nejběžněji užívanou veličinou bezporuchovosti.*

$$T_s(t) = \frac{t_c}{n} = \frac{1}{n \Sigma} \quad (1)$$

t_c – celková doba proběhu

t_i – doba proběhu i-tého vozidla

n – celkový počet poruch,

- *Počet poruch na 1000 km proběhu vozidla N_{1000} , $[N_{1000}] = 1$.*
- *Střední hodnota nákladů po poruše H_s , $[H_s] = \text{Kč}$.*
- *Hodnota nákladů po poruše vztahovaná na 1000 km proběhu H_{1000} , $[H_{1000}] = \text{Kč/1000 km}$.*

$$H_{1000} = \frac{T_s}{T_s} \cdot 1000 \quad (2)$$

H_s – střední hodnota nákladů po poruše

T_s – střední doba mezi poruchami,

- *Čas uvedení vozidla do provozu T_{opr} , $[T_{opr}] = \text{hod.}$*

Na základě získaných dat a vypočtených ukazatelů spolehlivosti bylo možno exponenciálním rozdělením spojitě náhodné veličiny stanovit:

- *intenzitu poruch $\lambda(t)$*

$$\lambda(t) = \frac{dn}{N - n} dt \rightarrow \lambda(t) = \lambda = \text{const.}, \text{ potom } \lambda = \frac{1}{T_s}, \quad (3)$$

- *proud poruch $z(t)$*

$$z(t) = \frac{dn}{N_s dt} \rightarrow \text{jestliže } \lambda(t) = \text{const. pak } z(t) = \lambda(t) = \lambda, \quad (4)$$

- *hustotu pravděpodobnosti poruchy $f(t)$ včetně jejího průběhu*

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{\ln(t)}{N dt} \rightarrow f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (5)$$

Prováděný pravděpodobnostní odhad ukazatelů spolehlivosti (statisticky získaných) byl doplněn o směrodatné odchylky, které určovaly míru neurčitosti výsledku. Vzhledem k nedostatečnému množství reprezentantů ve statistickém souboru, což je pro určitou hodnocenou skupinu vozidel v podmínkách HZS ČR zcela přirozené (pro konkrétní hodnocení nešlo získat statisticky významnější soubor), byly v některých případech směrodatné odchylky, resp. rozptyl hodnot značně vysoký, což vedlo k obtížné předpovědi skutečné spolehlivosti (doby, za kterou dojde u vozidla v reálných podmínkách k poruše).

Druhá část analýzy byla věnována shodné problematice s tím rozdílem, že byly zkoumány vozidla již za hranicí životnosti dle ŘSS HZS ČR (doba provozu delší než 10 let), což bylo přínosné pro vzájemné porovnání ukazatelů spolehlivosti a hospodárnosti provozu.

Třetí a poslední část se týkala srovnání nákladů za 10 let provozu požárních automobilů CAS dle jejich tovární značky, které zahrnovaly provozní náklady na PHM, servis a pravidelnou údržbu jak šasi s kabinou, tak vozidlové nástavby. Po doplnění nákladů na zajištění bezporuchovosti šasi vozidel (první a druhá část analýzy) včetně nákladů na ověřování technických podmínek provozu vozidel (STK + ME) tvoří tento soubor komplexní, udržovací náklady na provoz vozidlového parku, podle kterých můžeme srovnávat hospodárnost jednotlivých vozidel, resp. továrních značek zásahových požárních automobilů CAS.

Analýzou sledu prvních 5 poruch u CAS s dobou provozu cca 5 let byl zjištěn procentuální podíl poruchovosti funkčních celků šasi. Hlavní podíl na poruchovosti šasi analyzovaných CAS měly závady na podvěsu (zavěšení) podvozku, konkrétně pak na brzděném systému a nápravách. Stejnou měrou jako podvozková část se na poruchovosti podílely závady na kabině vozidel, související s odpružením nebo zajištěním kabiny, popř. koroze některých částí její karoserie. Na poruchách poháněcí soustavy se z cca 65 % podílely funkční části převodovky, kloubového hřídele a spojky.

Celkový náhled na poruchovost jednotlivých funkčních celků šasi CAS uvádí Tab. 7.

Tab. 7 Procentuální podíl poruchovosti šasi CAS dle jejich funkčních celků

Analýza sledu prvních 5 poruch u 24 ks prvovýjezdových CAS HZS krajů	
Funkční celek CAS	Podíl na poruchovosti v %
Podvozek	23
Kabina	23
Poháněcí soustava	21
Elektroinstalace	18
Vzduchová soustava	10
Jiné (poruchy)	5

Daleko závažnějším problémem z hlediska zajištění jak bezpečnosti osádky zasahujících jednotek PO ve vozidle, tak akceschopnosti související s hlavním posláním jednotek PO dojet, co nejrychleji, ale také co nejbezpečněji k místu události, je výskyt kritických poruch na šasi vozidel. Tyto poruchy nejen, že způsobí odstávku mobilní požární techniky mimo provoz, ale mohou způsobit ohrožení bezpečnosti osádky, popř. i jiných účastníků silničního provozu při jízdě k zásahu a způsobit tak ohrožení zdraví či materiální škody, pokud se neodhalí včas. Výskytu těchto poruch byla v analýze věnována značná pozornost. Velmi nepříjemným zjištěním byl fakt, že kritické poruchy se vyskytovaly prakticky u všech prvovýjezdových automobilů CAS HZS krajů (kromě HZS MSK) v prvních 20 tis. km proběhu vozidla, což odpovídá v civilním sektoru době záběhu vozidla, která je pro některé automobilky charakteristická zvýšenou poruchovostí, nikoliv však výskytem kritických poruch.

Počet kritických poruch vztážený k danému výrobcí šasi včetně dislokace vozidla v rámci HZS ČR a konkrétního místa poruchy (funkčního celku) na vozidle uvádí Tab. 8.

Tab. 8 Pořadí poruchovosti vzhledem k počtu kritických poruch na šasi prvovýjezdových CAS

	Výrobce šasi (tovární značka)	Počet kritických poruch (prvních 20 tis. km proběhu)	Dislokace vozidel CAS (HZS kraje)	Místa kritických poruch (funkční celky šasi)
1.	Tatra	7 (6+1)	Vysočina (6), Plzeňský (1)	Brzdový systém, systém zajištění kabiny, vzduchová soustava, převodovka
2.	MAN	4	Jihomoravský	Brzdový systém, kloubový hřídel, motor, nosná část podvěsu
3.	M-B	4	Hl.m. Praha	Brzdový systém, motor, odpružení kabiny, systém řízení
4.	Renault	3	Zlínský	Spojka, systém řízení, odpružení kabiny
5.	Scania	1	Plzeňský	Motor
6.	M-B	0	Moravskoslezský	-

Pozn. M-B = zkratka výrobce nákladních vozidel Mercedes-Benz ; ve sloupci počtu kritických poruch vozidel je v závorce uveden součet poruch z více HZS krajů

Dle zjištění byly příčiny kritických poruch způsobeny nejčastěji vnitřními příčinami – konstrukčními, výrobními nebo z poddimenzování. Objevily se i příčiny vnější, jako působení lidského faktoru a s tím spojené nesprávné použití, popř. faktory stárnutí či opotřebení. Podíl vnějších příčin na kritických poruchách byl však daleko nižší než u běžných (závažných, resp. nezávažných) poruch. Z rozdělení kritických poruch dle funkčních celků šasi vozidel byly zjištěny až nápadně shodné součásti šasi v poruše, a to u všech pěti analyzovaných výrobců, což obecně vypovídá o provozně nejextremněji zatěžovaných částech šasi CAS bez rozdílů jejich výrobce. Na základě tohoto zjištění by se na uvedené funkční celky (viz Tab. 8) měly klást daleko přísnější nároky a požadavky. V první řadě při pořizování nových požárních automobilů CAS a následně i při jejich kontrole, výměně nebo opravách v rámci údržby. Otázkou zůstává, zdali by v koordinaci s výrobcí nebo dodavateli CAS šlo zajistit, aby se některé funkční celky šasi a jejich komponenty dodávaly ve vyšší kvalitě, popř. v jiném dílenském zpracování zajišťujícím delší životnost při respektování povahy provozu vozidel u HZS ČR. Charakter provozu vycházející z poslání jednotek PO platí u prvovýjezdových CAS v hustě osídlených geografických lokalitách dvojnásob. Mimo jiné také vychází z dosažení maximální akcelerace a výkonu za velmi krátký čas po startu motoru, častého brzdění v hustém silničním provozu při objíždění překážek a změně směru jízdy a v neposlední řadě i ze stálého zatížení šasi vozidla obvykle na horní hranici únosnosti (nosnosti), což je diametrální rozdíl vůči časově vymezenému zatížení šasi nákladních vozidel běžně užívaných v civilní sféře.

Minimalizovat vznik kritických poruch a tím dosáhnout vyšší spolehlivosti lze i jinými způsoby než požadovat vyšší kvalitu součástek od výrobců, která je však podmíněna správným používáním ze strany obsluhy (správným zaškolením řidičů – strojníků). Jedním z nich je i pravidelná údržba. Udržovatelnost, resp. zajištění údržby a jejich kvalita má hlavní podíl na zvýšení spolehlivosti – pohotovosti vozidel především v prvních dvou úsecích života vozidel (tzv. údobí záběhu a údobí normálního užití), kde je provoz a údržba vozidel z hlediska ekonomického rentabilní. Výhodou pravidelného servisu je mimo jiné i včasná diagnostikovatelost kritických poruch, které mohou být včas odhaleny a následně odstraněny obvykle za vynaložení nižších finančních nákladů než při plném vzniku poruchy.

Pro specifický provoz vozidel u HZS ČR se jeví jako vhodné použití kombinace dvou výše uvedených přístupů řešení problematiky zvyšování spolehlivosti. Zatímco je kvalitním dílenským zpracováním nového vozidla dosaženo vyšší spolehlivosti v údobí jeho záběhu, tak zajištěním pravidelné údržby dosáhneme víceméně stabilní úrovně spolehlivosti (poruch) vozidel v období normálního užití až do doby morální a technické životnosti vozidel, kdy je vozidlo vyřazeno jako nevhodné. Z tohoto hlediska je velice důležitým, ale i nelehkým úkolem určit na základě analýz spolehlivosti optimální míru životnosti konkrétní skupiny vozidel dle provozních podmínek tak, aby byla zajištěna hospodárnost jejich provozu. Z praxe je totiž známo, že dokonce i druhově a typově shodní reprezentanti vozidel mají za stejných provozních podmínek značně rozdílnou poruchovost, resp. hospodárnost. V období tzv. normálního provozu je spolehlivost vyjádřena střední dobou mezi poruchami a intenzitou poruch. V Tab. 9 je uvedena spolehlivost na základě poruchovosti šasi prvovýjezdových CAS u HZS krajů s dobou provozu cca 5 let (střední úsek životnosti vozidla) v porovnání s vozidly za hranicí životnosti dle RSS HZS ČR.

Tab. 9 Pořadí spolehlivosti (poruchovosti) šasi vybraných CAS

	Výrobce šasi (tovární značka)	Dislokace vozidel CAS (HZS kraje)	Střední doba mezi poruchami T_s (km /porucha)	Intenzita poruch $\lambda(t)$ (km ⁻¹)
1.	Scania, Tatra	Plzeňský	9487 (s.o. 4221)	$1,05 \cdot 10^{-4}$
2.	M-B	Moravskoslezský	9258 (s.o. 879)	$1,08 \cdot 10^{-4}$
3.	MAN	Jihomoravský	8429 (s.o. 5445)	$1,17 \cdot 10^{-4}$
4.	M-B	Hl.m. Praha	6289 (s.o. 924)	$1,59 \cdot 10^{-4}$
5.	Renault	Zlínský	4281 (s.o. 3138)	$2,34 \cdot 10^{-4}$
6.	Tatra	Vysočina	1868 (s.o. 202)	$5,35 \cdot 10^{-4}$
7.	Vybraná vozidla za hranicí životnosti dle RSS Dennis, Iveco, Tatra		1018 (s.o. 306)	$9,8 \cdot 10^{-4}$

Pozn. ve sloupci patří střední době mezi poruchami T_s je v závorce uvedená směrodatná odchylka

Výše uvedené pořadí bylo stanoveno na základě střední doby mezi poruchami vozidel T_s , která byla výběrovým průměrem získaných statistických dat a která velice dobře aproximovala i s mediánem daného rozdělení (nepatrně nižší hodnoty souboru). První v pořadí spolehlivosti na základě poruchovosti šasi CAS byly vyhodnoceny prvovýjezdové CAS HZS Plzeňského kraje, který jako jediný kraj dodal data s kombinovanou skladbu vozidel pro analýzu (dvě vozidla na šasi Scania typ P 114 a P 340 a dvě od výrobce Tatra typ T 815 4x4). Výsledek byl zatížen poměrně vysokou mírou neurčitosti (směrodatná odchylka tvořila 44,5 % stanovené střední doby mezi poruchami) díky rozdílům v poruchovosti mezi oběma továrními značkami. Pro přesnější určení skutečné spolehlivosti by bylo třeba dodat další statistická data o poruchovosti vozidel na šasi Scania se srovnatelnou dobou provozu a kilometrickým proběhem, což byl nejen v podmínkách HZS Plzeňského kraje, ale i HZS ČR problém. Počet poruch vztahených ke kilometrickému proběhu se CAS HZS Plzeňského kraje spolu s CAS na šasi Mercedes-Benz (dále jen „M-B“) Atego z HZS MSK dostaly přes hranici 9000 km na 1 poruchu, což odpovídá celkově malému počtu obvykle náhodných poruch za dobu provozu. U všech CAS HZS Plzeňského kraje se však do hranice 30 tis. km proběhu objevily kritické poruchy. Vozidla Tatra z HZS Plzeňského kraje podrobená analýze byla zhruba o 2 roky v provozu déle (7 let) než vozidla Scania a měla o cca 2/3 větší poruchovost. V porovnání s totožným šasi Tatra u HZS kraje Vysočina měla uvedená vozidla až třikrát lepší výsledky z hlediska počtu poruch na 1000 km proběhu a intenzita poruch byla poloviční. V případě samostatného hodnocení šasi Tatra z HZS Plzeňského kraje by uvedená vozidla obsadila 5. pořadí před šasi Renault z HZS Zlínského kraje a Tatra z HZS kraje Vysočina.

V poruchovosti dosáhly CAS M-B Atego u HZS MSK prakticky srovnatelného výsledku s CAS HZS Plzeňského kraje ovšem s daleko přesnějším výsledkem s mírou neurčitosti cca 10 %, tedy výsledkem blízcím se skutečné spolehlivosti. U šasi M-B Atego (typ 1528 F) bylo vypořádováno, že po relativně málo poruchovém období záběhu (cca 20 tis. km) dochází u těchto vozidel ke zvyšování četnosti poruch, což snižuje původně vysokou spolehlivost nových vozidel. V období prvních 20 tis. km se sice uvedená vozidla vyhnula kritickým poruchám, ale ne závažným na částech podvěsu podvozku a uchycení, resp. odpružení kabiny. Šasi M-B Atego bylo navíc hodnoceno z hlediska výskytu kritických poruch absolutně nejlépe ze všech výrobců (dohromady u osmi automobilů z HZS MSK a HZS hl.m. Prahy se vyskytly pouze čtyři). Průběh hustoty pravděpodobnosti poruchy (viz Obr. 25) byl u CAS HZS Plzeňského a Moravskoslezského kraje i přes exponenciální rozdělení spíše lineárního charakteru s klesající tendencí vzhledem ke zvyšující se době provozu (proběhu) vozidla, což svědčí obecně o dlouhé době proběhu bez poruchového stavu.

Třetím v pořadí v analýze spolehlivosti šasi CAS byla tovární značka MAN (typ LE 2000 14.280 a TGM 12.280) u HZS JMK. Šasi MAN v celkovém hodnocení poruchovosti zaostalo za dříve uvedenými vozidly o cca 10 %. Přestože byl evidován celkově relativně nízký počet poruch v absolutních číslech, tak u některých reprezentantů značky MAN se po překonání hranice proběhu 15 tis. km začal počet poruch náhle zvyšovat. Horší výsledky měla vozidla MAN i ve výskytu kritických poruch, které byly hned čtyři u třech zástupců. Především dvě poruchy (utržení konzoly pomocného náhonu převodovky a spečené brzdové obložení) v rozmezí 600 km proběhu na jediném vozidle je znepokojující signál, který může napovědět o kvalitě

zpracování šasi, popř. o podmínkách provozu a obsluhy. Průběh křivky hustoty pravděpodobnosti poruchy u vozidel MAN měl nepatrně příkřejší tendenci klesání než tomu bylo u šasi Scanie s Tatrou a M-B, přesto však stále v daném intervalu provozu od 0 do 25 tis. km vykazoval dlouhou dobu proběhu bez poruchového stavu. Směrodatná odchylka spolehlivosti a tím i neurčitost vůči reálnému průběhu poruchovosti vozidel byla v tomto případě vysoká, a to cca 65 % vypočtené hodnoty poruchovosti. Tento velký rozptyl znesnadňující odhad skutečné veličiny, byl dán opět shodným problémem jako u vozidel HZS Plzeňského kraje. Zkrátka nebylo možno získat pro analýzu více vhodných reprezentantů se shodným typem šasi ve vozidlovém parku HZS kraje.

Čtvrtým v pořadí spolehlivosti šasi prvovýjezdových vozidel CAS s hodnotou intenzity poruch pod hranicí $2,0 \cdot 10^{-4}$ a relativně málo strmým průběhem křivky hustoty pravděpodobnosti poruchy byly CAS HZS hl.m. Prahy na šasi M-B Atego (typ 1528 F a 1328 F). Všech pět reprezentantů analyzovaných vykazovalo jako u HZS MSK podobné výsledky v jednotlivých parametrech spolehlivosti šasi, což vedlo k určení střední doby mezi poruchami s intervalem neurčitosti rovnajícím se 15 % výsledné hodnoty poruchovosti. Co se týče četnosti a mechanismu vzniku běžných poruch v čase, tak ten byl podobný jako u vozidel z HZS MSK s výjimkou kritických poruch, které se vyskytly hned u tří vozidel (jedno vozidlo mělo dokonce dvě kritické poruchy). Při zkoumání provozu do hranice proběhu 30 tis. km proběhu došlo ještě k dalším dvěma kritickým poruchám. U vozidel se vesměs jednalo o problémy s brzdovým systémem, nicméně vyskytly se i závady na spojovacím hřídeli a turbodmychadlu vozidlového motoru. I když v rámci celkového hodnocení dopadla vozidla HZS hl.m. Prahy relativně dobře, tak poměrně vysoký počet kritických poruch prakticky v době záběhu (v porovnání s průběhem vozidel v civilním sektoru) vypovídá buď o značném provozním namáhání funkčních částí šasi při jízdě jednotek HZS hl.m. Prahy k zásahu městskou zástavbou, nebo jsou poruchy způsobeny nižší kvalitou součástí úměrnou jejich ceně, popř. i poddimenzováním při konfiguraci funkčních celků šasi u výrobce CAS.

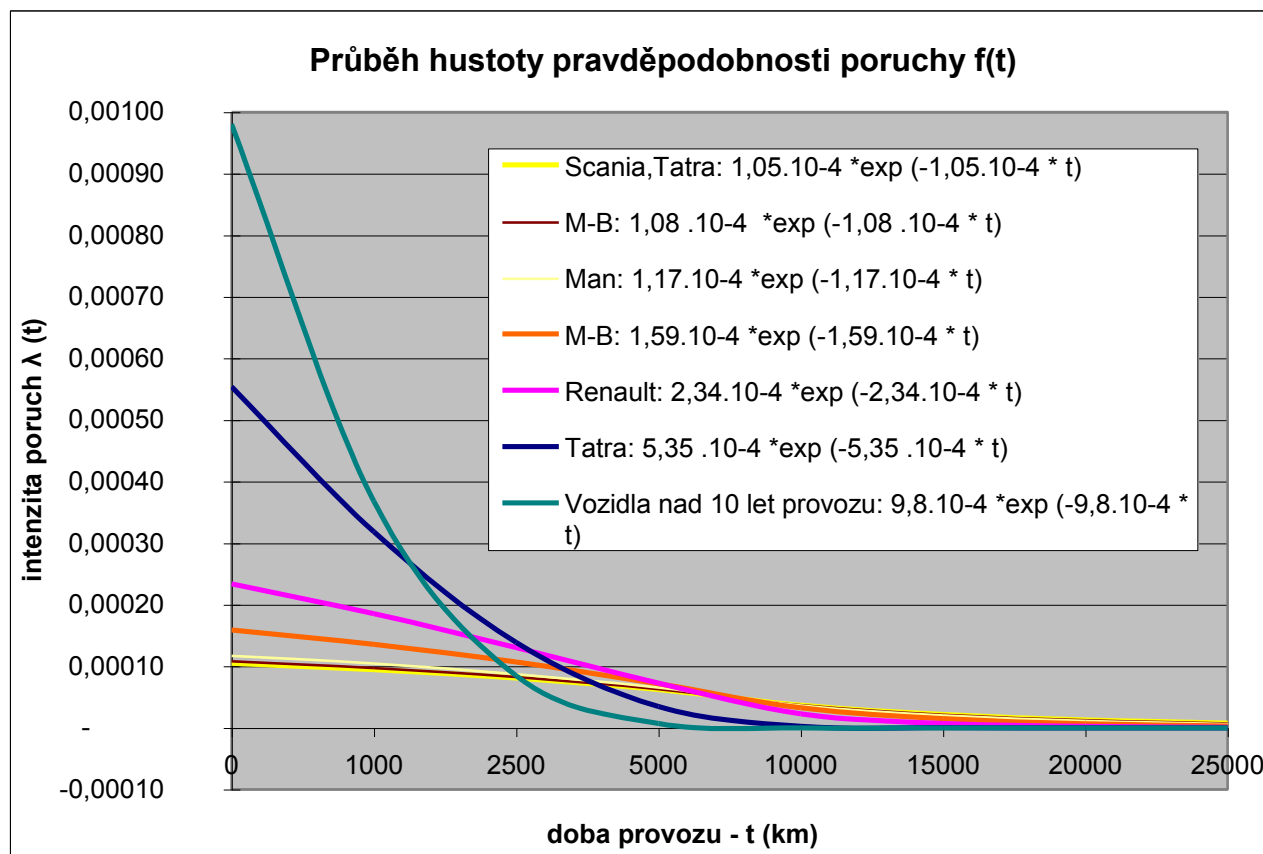
CAS HZS Zlínského kraje s šasi Renault (typ Midlum 2x0.14 a Medium 2x0.14 P) se umístily na pátém místě v pořadí spolehlivosti. Na tomto výsledku se podepsal již větší počet poruch s nepravidelnou tendencí vzniku, která však nabrala vzestupnou tendenci především po dosažení doby 5-ti let provozu. Z hlediska kritických poruch do hranice 20 tis. km proběhu dopadla vozidla Renault velice slušně s celkovým počtem tří poruch u pěti analyzovaných automobilů. Z těchto tří poruch však hned dvě byly na jediném vozidle, které bylo ze všech analyzovaných vozidel provozně nejmladší (4 roky). Šasi Renault bylo zhruba o 50 % horší ve srovnání s poruchovostí vozidel Scania a Tatra z HZS Plzeňského kraje, M-B z HZS MSK a vozidla MAN z HZS JMK. Interval neurčitosti pro hodnoty poruchovosti byl u vozidel HZS Zlínského kraje absolutně největší ze všech analyzovaných vozidel a tvořil 75 % vypočtené hodnoty, což značně komplikovalo pravděpodobnostní odhad skutečné hodnoty spolehlivosti tohoto šasi. Značný rozptyl v poruchovosti mezi jednotlivými reprezentanty této tovární značky ukázal, jak těžké je určit a ohodnotit skutečnou spolehlivost určité skupiny vozidel vůči jejich konkurenci. Protože některá konkurenční vozidla nevykazovala takovýto rozptyl poruchovosti, mohla se považovat za spolehlivější. Na průběhu hustoty pravděpodobnosti vozidel Renault se již ukázalo exponenciální

rozdělení této veličiny, kde měl větší počet poruch za následek strmější tendenci křivky asymptoticky klesající k ose x zhruba od meze 10 tis. km průběhu vozidla.

Ve srovnání poruchovosti vozidel se střední dobou provozu dle ŘSS HZS ČR se na posledním místě umístily CAS HZS kraje Vysočina na šasi Tatra (typ T 815 4x4). Tato vozidla vykazovala absolutně nejvíce poruch za celou dobu svého provozu, a to i v oblasti poruch kritických. Naopak míra neurčitosti výsledku byla u těchto vozidel cca 10 %, což ukazuje, že výsledná poruchovost byla u všech reprezentantů na podobné úrovni bez výskytu extrémních hodnot. Prakticky všechny kritické poruchy u tří požárních automobilů podrobených analýze vznikly na shodných funkčních částech šasi, což na druhou stranu může pomoci v následné identifikaci příčin poruch a jejich řešení při zkvalitňování dílenského zpracování, či změn projekčně – technického charakteru vedoucích ke zvýšení spolehlivosti vozidla jako celku. Kritické poruchy se objevovaly především u brzdového systému a navazující vzduchové soustavy, dále na převodovce a také na uchycení kabiny. Obdobné kritické závady vykazovala i dříve zmiňovaná vozidla Tatra u HZS Plzeňského kraje, což opravdu svědčí spíše o konstrukčním problému, popř. problému s poddimenzováním některých součástí šasi potažmo kabiny. Příčiny, proč typově stejná vozidla Tatra byla v jiném HZS kraji při obdobných provozních podmínkách dvoj až trojnásobně horší z hlediska poruchovosti se však hledají těžko. Jednou z možností je rozdíl v zajištění udržovatelnosti vozidel konkrétního HZS kraje spojené s pravidelnou a kvalitní údržbou CAS příslušnými opravami. Za zmínku by určitě stálo ověřit i vlastní podmínky a náročnost provozu jednotlivých vozidel v konkrétních hasebních obvodech. Průběh hustoty pravděpodobnosti poruchy u vozidel Tatra měl díky množství závad typický průběh daný exponenciálním rozdělením, kde měla křivka strmě klesající tendenci asymptoticky blížíci se ose x od hranice průběhu cca 5 tis. km, kterou zhruba v hodnotě 10 tis. km průběhu prořála. Výsledkem tedy bylo, že vozidla Tatra z HZS kraje Vysočina mají 100 % pravděpodobnost (jistotu) vzniku poruchy právě v intervalu provozu 0 – 10 tis. km.

Pro srovnání poruchovosti šasi CAS se střední dobou provozu u HZS ČR s vozidly, které už dle ŘSS přesáhly hranici 10 let a tím splnili definici životnosti (morální i technické) tohoto předpisu, byla Tab. 9 doplněna o výsledky poruchovosti těchto vozidel. Jedná se přitom o požární automobily CAS, které jsou stále provozovány jako prvovýjezdové s dostatečným ročním kilometrickým průběhem. Poruchovost skupiny vozidel za hranicí životnosti z HZS MSK (vozidla Dennis a Tatra) a z HZS hl.m. Prahy (vozidla Iveco a Dennis) jednoznačně potvrdila, že hranice životnosti pro požární automobily CAS platná v podmínkách HZS ČR je nastavena zhruba správně a to nejen z důvodu již velkého množství poruch, ale především nákladovosti na zajištění provozuschopného stavu, tedy pohotovosti takto poruchových vozidel. Při porovnání hlavních ukazatelů poruchovosti (střední doby do poruchy a intenzity poruch) byly výsledky skupiny vozidel za hranicí životnosti v konfrontaci s nejméně poruchovými vozidly z údobí normálního provozu více jak devětkrát (9x!) horší a v porovnání s nejhůře hodnocenými šasi se střední dobou provozu byla poruchovost stále dvakrát vyšší. Výsledky poslední analyzované skupiny vozidel měly míru neurčitosti cca 30 %, která byla způsobena jednou extrémnější hodnotou, jinak výsledky jednotlivých vozidel ze souboru byly blízké vypočtené střední hodnotě. Velice zajímavým zjištěním bylo, že vozidla Tatra měla vůbec nejméně závad z celé této skupiny vozidel a dá se říci, že si udržovala stabilní poruchovost, kterou měla již v údobí normálního provozu.

Za zmínku stojí fakta, že např. u CAS na šasi výrobce Iveco většinu poruch tvořily závady na šasi, zatímco u vozidel Dennis většinu závad tvořily poměrně nákladné poruchy na nástavbě vozidla, které však neměly kritický ani závažný charakter. Na Obr. 25 jsou ukázány jednotlivé průběhy hustoty pravděpodobnosti poruchy pro všechny skupiny analyzovaných šasi vozidel. Plocha pod jednotlivými křivkami se rovná pravděpodobnosti, že právě v tomto intervalu (době) provozu dojde k poruše (celková plocha je rovná jedné).



Obr. 25 Průběhy hustoty pravděpodobnosti poruchy pro vozidla podrobené analýze určující za jakou dobu provozu (proběhu) dojde k jejich poruše

Hospodárnost analyzovaných šasi požárních automobilů CAS a jejich oprav doplněná o skupinu vozidel za hranicí 10 let provozu je uvedena v Tab. 10.

Tab. 10 Pořadí nákladovosti (hospodárnosti) oprav šasi CAS s dobou provozu cca 5 let v porovnání s požárními automobily s dobou provozu vyšší než 10 let

	Výrobce šasi (tovární značka)	Dislokace vozidel CAS (HZS kraje)	Střední hodnota nákladů po poruše H_s (Kč)	Hodnota nákladů po poruše vztažená na 1000 km proběhu H_{1000} (Kč)
1.	M-B	Moravskoslezský	4048 (s.o. 517)	437 (s.o. 14)
2.	Scania, Tatra	Plzeňský	5928 (s.o. 4040)	625 (s.o. 474)
3.	Renault	Zlínský	4262 (s.o. 4679)	996 (s.o. 1930)
4.	MAN	Jihomoravský	9596 (s.o. 3776)	1138 (s.o. 517)
5.	Tatra	Vysočina	2406 (s.o. 826)	1288 (s.o. 469)
5.	M-B	Hl.m. Praha	8907 (s.o. 2660)	1416 (s.o. 566)
6.	Vybraná vozidla za hranicí životnosti dle ŘSS Dennis, Iveco, Tatra		10661 (s.o. 4198)	10472 (s.o. 3832)

Pozn. ve sloupci patřící veličině H_s a H_{1000} je v závorce uvedená směrodatná odchylka výsledku

Pro pořadí nákladovosti na odstranění poruch vzniklých v době provozu na analyzovaných CAS byla hlavním určujícím kritériem hodnota nákladů po poruše vztažená na 1000 km proběhu, která tak v sobě zahrnovala nejen střední hodnotu nákladů po poruše, ale také kilometrický proběh (dobu provozu) vozidla. Hlavní podíl na nákladovosti odstranění poruch a tím i hospodárnosti provozu daného vozidla měl výskyt kritických poruch na šasi. Platila prakticky přímá úměra, že čím méně kritických poruch měla za dobu provozu vozidla dané tovární značky, tím výše se v žebříčku hospodárnosti umístila. I z těchto příčin pořadí nákladovosti odstranění poruch zcela nekorespondovalo s výsledky míry poruchovosti z Tab. 9.

Míra neurčitosti výsledků hospodárnosti provozu byla kromě výjimek v podání vozidel HZS MSK a kraje Vysočina dosti vysoká, což se dá pochopit, jelikož rozptýl střední hodnoty nákladů určovaly rozdíly ve vynaložených nákladech na jednotlivé opravy různě složitých funkčních celků. Rozdíl mezi provozně nejhospodárnějšími a nejvíce nákladnými šasi z hlediska oprav vozidel s dobou provozu cca 5 let byl více jak trojnásobný. Navíc byl tento rozdíl mezi vozidly stejné značky a typu šasi (M-B Atego) provozovaných u dvou různých HZS krajů, což je neobvyklé a z ekonomického hlediska podstatná informace, na kterou je třeba hledat odpovědi v podmínkách zajištění údržby. Zde uvedené informace je třeba začít řešit ve vztahu k perspektivě

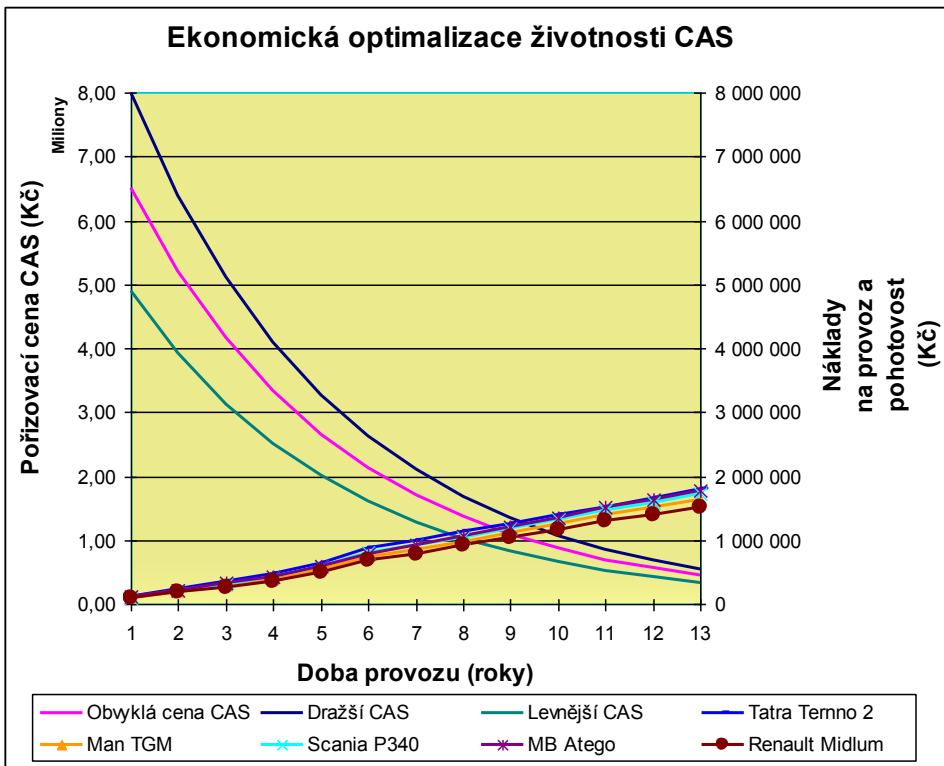
šetření nákladů v budoucnu tak, aby bylo možno zvýšit hospodárnost provozu při zachování míry spolehlivosti, resp. pohotovosti.

Obrovský rozdíl v hospodárnosti (až 20 násobně vyšší náklady na opravy) byl viditelný z výsledků při porovnání vozidel v období normálního provozu s vozidly za hranicí životnosti dle ŘSS, tedy s provozem nad 10 let. Pokud budeme hovořit v absolutních číslech, pak lze konstatovat, že zatímco za 5 let provozu vozidel se pohybovaly náklady na opravy v řádech desítek tisíc Kč (střední hodnota cca 35 tisíc Kč), pak za stejnou dobu provozu vozidel dvojnásobně starších se pohybovaly náklady na odstranění poruch v řádech až stovek tisíc Kč, což jen dále dokládá, že provoz vozidel typu CAS se stářím nad 10 let je nejen z hlediska spolehlivosti velmi diskutabilní, ale i ekonomicky nerentabilní.

Pro ekonomické zhodnocení celkových vynaložených nákladů na provoz požárních automobilů CAS, které jsou u HZS ČR nejběžněji užívány, byla zpracována níže uvedená Tab. 11. Ta srovnává náklady na vlastní provoz CAS (spotřeba PHM a aditiv), náklady servisu a údržby šasi, servisní náklady spojené s účelovou nástavbou a její údržbou za dobu 10 let. Uvedená data v tabulce byla získána ve spolupráci s importéry a výrobci nákladních vozidel a jejich autorizovanými servis v ČR [18], resp. výrobcem požárních automobilů [19], který provádí zástavbu požárních automobilů účelovou nástavbou dle konkrétních požadavků zákazníků. Provozní náklady CAS byly vypočítány pro reálné hodnoty ročních kilometrických proběhů a motohodin běhu motoru (5 tis. km, 100 Mh) v závislosti na jejich skutečné spotřebě PHM v cenových relacích roku 2009 – 2010. Náklady na servis a údržbu šasi byly modifikovány (redukovány) právě dle reálných kilometrických proběhů vozidel CAS oproti civilním servisním intervalům na polovinu. Uvedená data z Tab. 11 byla dále rozšířena o aproximované náklady vynaložené na opravy po poruchách CAS. Byly počítány nutné náklady spojené s amortizací vozidel (Pneu, AKU) a také náklady na technickou a emisní kontrolu vozidel dle platných právních předpisů. Syntézou všech uvedených nákladů byla provedena komplexní ekonomická rozvaha (viz Obr. 26) nákladovosti provozu a pohotovosti daného druhu CAS. Pokud je známa pořizovací cena požárního automobilu, jejíž cena ročně klesá o cca 20 % (expertní komerční odhady pro nákladní vozidla [20]) a jsou určeny celkové udržovací náklady provozu a pohotovosti tohoto vozidla dle výše uvedeného postupu, potom můžeme provést ekonomickou optimalizaci životnosti na základě metody exponenciálních trendů (klesající cena vozidla na trhu versus růst nákladů na servis a opravy). Optimální životnost může být dána buď výpočtově jako extrém podle času, nebo v našem případě graficky jako svislice spuštěná na osu x z průsečíku obou exponenciálních křivek (klesající ceny vozidla a rostoucích provozních nákladů). V následujícím Obr. 26 bylo na základě aproximace komplexních ekonomických ukazatelů provedeno zjištění optimální životnosti nejběžněji užívaných CAS u HZS ČR a srovnání s životností, která je dána normovou dobou 10 let v rámci vnitřního organizačního předpisu HZS ČR.

Tab. 11 Srovnání provozních nákladů u vybraných CAS za 10 let provozu u HZS ČR [18,19]

NÁKLADY NA SERVIS, PROVOZ a ÚDRŽBU															10 let															
VSTUPY:		Roční kilometrový proběh													5000 [km]															
		Roční provoz čerpadla													100 [mth]															
		Cena nafty													28 [Kč/l]															
		Cena AdBlue													15 [Kč/l]															
															TATRA 231R55 - 4 x 4	TATRA 231R35 - 6 x 6	MAN 14 t a 15 t	M-B ACTROS 3354 6x6	SCANIA P340CB 4X4 EH2	VOLVO FM9 4x4	RENAULT Midlum 14 t a 15 t	M-B Atego 152x								
Délka záruční doby [měs]															24	24	24	12	12	12	36	24								
Cena práce servisní hodiny bez DPH [Kč]															460	460	1 070	1 000 (800 + 1100)	840	1 100	750	890								
Náklady na servisní prohlídky (bez DPH)		Nástarba [Kč]													34 000	34 000	34 000	34 000	34 000	34 000	34 000									
		Podrozek [Kč]													72 700	78 700	107 000	240 000	69 090	190 500	78 000	168 350								
		Servisní náklady celkem za 10 let													106 700	112 700	141 000	274 000	103 090	224 500	112 000	202 350								
															Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]								
Provozní náklady		Jízda		nafta		32 [l/100 km]	1 600	44 800	35 [l/100 km]	1 750	49 000	24 [l/100 km]	1 175	32 900	49 [l/100 km]	2 470	69 160	30 [l/100 km]	1 500	42 000	37 [l/100 km]	1 850	51 800	25 [l/100 km]	1 250	35 000	27 [l/100 km]	1 350	37 800	
				AdBlue		5% spotř. paliva	80,0	1 200	5% spotř. paliva	87,5	1 313	0% spotř. paliva	0,0	0	5% spotř. paliva	123,5	1 853	0% spotř. paliva	0,0	0	8% spotř. paliva	148,0	2 220	4% spotř. paliva	50,0	750	5% spotř. paliva	67,5	1 013	
				celkem		1 680	46 000	1 838	50 313	1 175	32 900	2 594	71 013	1 500	42 000	1 998	54 020	1 300	36 750	1 418	38 813									
		Čerpadlo		nafta		20,3 [l/mth]	2 030	56 840	20,3 [l/mth]	2 030	56 840	17,0 [l/mth]	1 700	47 600	29,2 [l/mth]	2 920	81 760	17,7 [l/mth]	1 770	49 560	21,8 [l/mth]	2 180	61 040	14,0 [l/100 km]	1 400	39 200	16,0 [l/mth]	1 600	44 800	
				AdBlue		5% spotř. paliva	101,5	1 523	5% spotř. paliva	101,5	1 523	0% spotř. paliva	0,0	0	5% spotř. paliva	146,0	2 190	0% spotř. paliva	0,0	0	8% spotř. paliva	174,4	2 616	4% spotř. paliva	56,0	840	5% spotř. paliva	80,0	1 200	
Provozní náklady za rok celkem															2 132	58 363	2 132	58 363	1 700	47 600	3 066	83 950	1 770	49 560	2 354	63 656	1 456	40 040	1 680	46 000
															104 363	108 675	80 500	154 963	91 560	117 676	75 790	84 813								
															Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]	Průměr [l] [Kč]								
Náklady za 10 let celkem		1 150 325													1 199 450	946 000	1 823 625	1 018 690	1 401 260	869 900	1 050 475									



Obr. 26 Grafické vyjádření ekonomické optimalizace životnosti CAS u HZS ČR

Realizovaná analýza byla svým pojetím a záměrem v podmínkách HZS ČR ojedinělá a prakticky jako první řešila v širších souvislostech problematiku spolehlivosti, resp. pohotovosti a s ní souvisejících udržovacích nákladů na provoz zásahových požárních automobilů, konkrétně pak CAS jednotek HZS ČR ve vytipovaných krajích. Vzájemným srovnáním bylo ověřeno, že určitý vliv na spolehlivost šasi má i pořizovací cena CAS, jelikož obě dvě obvykle levnější varianty CAS dle [19] konstruované na šasi Renault a Tatra vykazovaly oproti konkurenci největší poruchovost. Na základě vzájemného sdílení těchto informací a zkušeností z provozu daného typu šasi vozidla pak mohou strojní služby zavést taková opatření, která povedou ke zlepšení stavu zajištění stálé pohotovosti zásahových vozidel. Ve specifických podmínkách HZS ČR je hlavní potřebou zajistit, co nejvyšší míru spolehlivosti (provozní pohotovosti) při hospodárném a ekonomicky udržitelném nákupu nové požární techniky a jejím následném provozu. Ze zkušeností, které přinesly problémy se sběrem statistických dat o poruchovosti CAS, pramenící především z nejednotnosti a neúplnosti vedené evidence, by se mělo do budoucna přistoupit v první řadě k aktualizaci a doplnění parametrů samotné evidence. Tato evidence, která je dnes již obvykle vedena v programovém prostředí Strojní služba v databázích Oracle na PC by se měla stát užitečným a hlavně přesným nástrojem pro export statistických dat, které by se mohly dále kvalitně analyzovat. Tato problematika má však rozsáhlejší řešení, což není účelem tohoto textu.

Z hlediska provozní pohotovosti se jeví ideálně systém některých HZS krajů, který počítá s jedním záložním požárním automobilem CAS v rámci jednoho územního odboru, majícího obvykle 3 – 5 stanic. Tento systém sice nekoresponduje s početními stavy záloh vozidel CAS, které jsou dány přílohou novelizace vyhlášky 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek PO, na druhou stranu zajišťuje dostatečnou míru akceschopnosti a tedy i pohotovosti jednotek PO v případě vzniku kritické poruchy na šasi CAS, která je obvykle spjata s delším časovým úsekem odstavení vozidla mimo výjezd. Ze získaných dat poruchovosti vozidel je zřejmé, že především kritické poruchy způsobují odstávku vozidel CAS v řádech dnů až týdnů, zatímco méně závažnější opravy jsou provedeny v řádech hodin. Evidované průměrné časy oprav se pohybovaly v mezích od 16 do 84 hodin, ale byly evidovány i extrémní časové relace v řádech týdnů, díky logistickému zpoždění dodávky dílů ze zahraničí, nebo problémům s diagnostifikovatelností a odstraněním poruch. Pro zajištění stálé pohotovosti vozidel u HZS ČR se stává nejdůležitějším časovým úsekem doba od vzniku poruchy až do nahrazení vozidla v poruše plně akceschopným vozidlem. Tento úsek je závislý na mnoha faktorech organizačního prostoje, jakými jsou např. administrativní a logistické zpoždění, které svědčí o kvalitě připravenosti a plánování strojní služby konkrétního HZS kraje provozujícího autopark požární techniky.

I z tohoto důvodu není zcela nereálná myšlenka zajištění oprav za pomoci vlastní opravny v areálech HZS krajů, kde můžeme počítat s ekonomickou i časovou úsporou. Především organizační a technické prostoje při poruchách vozidel hrají podstatnou roli v celkové době nepohotovosti vozidla. Dle zpracovaných analýz [21] zajištění oprav mobilní požární techniky svépomocí v podmínkách HZS krajů vyplývá, že návratnost investic do zbudování takovýchto svépomocných oprav je pro optimistickou variantu 2 – 3 roky, resp. do 5 let, když budeme uvažovat horší variantu vzhledem k ročním finančním prostředkům vynaloženým v současné době na

zajištění dodavatelsko – opravárenského servisu. Tuto návratnost však může podstatně snížit variabilita provozovaných šasi různých továrních značek požárních automobilů CAS nejenom v daném HZS kraje, ale i v HZS ČR, pro který je variabilita používaných šasi prvovýjezdových CAS tak charakteristická. Pro tento způsob zajištění opravárenských činností je vhodnější se do budoucna orientovat na pořizování konkrétního druhu požární techniky od jednoho výrobce šasi, resp. nástavby. Samozřejmě, že i v tomto případě budou některé specifické a náročné opravárenské činnosti nadále zajišťovat dodavatelské firmy.

V analýze byla také posouzena optimální životnost vytipovaných CAS na základě tabelovaných komplexních provozních nákladů. Bylo zjištěno, že optimální doba životnosti do vyřazení vozidla vzhledem k již dále neekonomickému provozu se u levnějších CAS (cena vozidla cca 5 mil. Kč) pohybuje kolem 8 let, zatímco u dražších CAS (6-8 mil. Kč) je tato doba o něco delší, a to mezi 9 až 10 lety provozu dle konkrétního výrobce. Tímto byla potvrzena dříve vyřčená hypotéza, že výše pořizovací ceny CAS má hlavní vliv na její optimální životnost, protože náklady na provoz a udržení pohotovosti (spolehlivost) vozidel se mezi jednotlivými automobilkami ukázaly být méně významné než se očekávalo. Výjimku tvořily CAS na šasi Renault, které vykazovaly rozdíl díky nižším kumulovaným provozním a servisním nákladům za 10 let provozu až o 220 tisíc Kč vůči konkurenci, a to i přes vyšší míru poruchovosti šasi. Další CAS, které měly vůči konkurenci nižší provozní a servisní náklady byla vozidla MAN, jejichž celkové náklady za 10 let provozu byly až o 140 tisíc Kč nižší. Naopak vozidla na šasi M-B, která také reprezentovala střední hmotnostní třídu, byla v celkových kumulativních nákladech za 10 let provozu hodnocena dokonce nejvýše díky vysokým servisním nákladům. Uvedená vozidla se tak vyrovnala v celkových provozních nákladech představitelům CAS z těžké hmotnostní třídy na šasi Scania a Tatra, které mají z povahy konstrukce šasi vyšší provozní náklady.

Je třeba mít na paměti, že tabelované hodnoty a analýzou získaná data o poruchách šasi bez doplněných poruch na části účelové nástavby nemohou plně nahradit skutečné udržovací náklady vynaložené na provoz, údržbu a opravy konkrétní CAS jako celku. Jen na základě kvalitní evidence komplexních provozních nákladů bude možné jednoznačně určit strojní službou hospodárnost pro jakékoli vozidlo, a to v jakémkoli časovém úseku jeho užití (provozu). S tím souvisí i fakt, že pokud budeme mít v budoucnu kvalitní statistické údaje je možno použít i složitější matematické modely, jakými jsou Wiebullovo rozdělení nebo superpozice dvou exponenciálních rozdělení vždy v kombinaci s useknutým normálním rozdělením ($t \geq 0$), kterými lze dobře aproximovat všechna tři období provozu (záběh, normální využití a dožívání) vozidla.

5. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA ZÁSAHOVÝ AUTOMOBIL DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY

Na základě dříve zjištěných a ověřených faktů je možno definovat základní požadavky pro požární automobil CAS s předurčením pro zásahovou činnost v městských aglomeracích. Jako vhodnější se pro zásahy v intravilánu města ukázala vozidla s nižší celkovou hmotností, která jsou schopná pružněji reagovat na změny městské dopravní infrastruktury, jakož i intenzity silničního provozu. Vozidla z lehké a střední hmotnostní třídy mají nejenom kratší dojezdové časy než hmotnostně těžší konkurenti, ale mají i obvykle nižší kumulativní provozní a pohotovostní náklady, což se v případě srovnatelných pořizovacích cen (vyšší cena CAS hm. třídy M versus běžná cena CAS hm. třídy S) projevuje delší dobou hospodárného provozu a tím i prodloužením optimální životnosti pro vozidla z lehčích hmotnostních tříd. Standardní prvovýjezdové CAS střední hmotnostní třídy jsou v městských lokalitách stavěny obvykle na 14 tunových, někdy i 13 tunových šasi, což je horní hranice pro tuto hmotnostní třídu požárních vozidel. S celkovou hmotností vozidla úzce souvisí i jeho prostorová velikost v uspořádání šířky, délky a výšky. Jestliže je naším cílem dosáhnout co nejlepší časové odezvy vozidla při změnách stylu jízdy v městské zástavbě a mimo jiné dosáhnout rychlejší, ale bezpečné průjezdnosti mezi překážkami silničního provozu, resp. zúženými profily silnic a křižovatek, musí dojít ke snížení celkové hmotnosti definovaného vozidla CAS. V jiném případě můžeme pro tento účel využít vozidlo z lehké hmotnostní třídy požárních automobilů jako automobilovou cisternu (dále jen „AS“), popř. rychlé zásahové vozidlo (dále jen „RZA“) v provedení k hašení. Uvedenému předpokladu redukce hmotnosti modelu vozidla CAS, resp. definování druhého modelu AS (RZA) k hašení nahrávají i výsledky analýzy spotřeby vody u zásahu jednotek HZS ČR ve vybraných městech, které uvádějí průměrnou spotřebu 1200 l vody u cca 90 % zásahů. U hmotnostně nižších typových řad šasi dochází k výraznému redukování celkových rozměrů, které určují konečnou prostorovou zástavbu požárního automobilu. Zde však proti požadavku snížení hmotnosti související s redukcí rozměrů stojí potřebná a nutná minimální výbava vozidla požárním příslušenstvím, které je umístěno v nástavbě. Je proto nutné hledat taková řešení, která budou reflektovat a splňovat uvedené požadavky v podobě realistických návrhů požárních automobilů pro užití v praxi v podmínkách ČR. Ty jsou specifikovány ve formě dvou variant (modelů) níže.

Varianta (model) 1: požární automobil CAS ze střední hmotnostní třídy M v kategorii 1 – městská s povolenou celkovou hmotností max. 12 t

- ❑ Předurčenost: do velkých urbanistických a demografických celků – vytipovaná města v ČR (krajská, okresní) s vysokou hustotou, resp. intenzitou silniční dopravy v intravilánu města při dopravní špičce. Pro charakter jízdy k zásahu je typické časté manévrování mezi vozidly a v husté dopravní infrastruktuře, jízda mezi kolonami vozidel, četná akcelerace a brzdění. Do center měst a na sídliště s vysokou úrovní statické dopravy, kde odstavená vozidla tvoří překážky silničního provozu, resp. snižují průjezdné profily místních komunikací.
- ❑ Cíl: využít plně inherentních dynamických charakteristik a prostorových parametrů vozidla, s jejichž pomocí by požární automobil dosáhl lepší úrovně výkonu a akcelerace při jízdě k zásahu v intravilánu města.

Prostorové parametry by mu umožňovaly lepší průjezd zúženými profily v jízdních pruzích, manévrovatelnost mezi vozidly v silničním provozu i ovladatelnost a stabilitu při průjezdu zatáčkami s malým poloměrem kružnicového oblouku. Vozidlo by na základě uvedeného dosáhlo vyšší míry aktivní bezpečnosti v provozu při dlouhodobém udržení či zlepšení dojezdových časů dle poplachového plánu jednotky.

- ❑ Využití: nahrazení stávajících, konvenčních prvovýjezdových CAS ze střední a těžké hmotnostní třídy na vytipovaných lokalitách touto městskou CAS, která by jako organizovaný 1. výjezd zajistila stejnou úroveň poskytnutí pomoci jako nyní provozovaná vozidla (případný výjezd v druhém sledu za 2. variantou a spolupráce na místě MU).
- ❑ Provedení: výbava CAS ve speciálním technickém provedení (vybavení požární příslušenstvím odchylné od vyhlášky [12] na základě analýzy uvedené v Kap. 5.4), které zajistí maximální objem práce a univerzálnost pro standardní družstvo v počtu 1+5 u všech hlavních typů MU běžného rozsahu. Dle analýzy spotřeby vody z Kap. 3.3.3 by měl optimální objem vodní nádrže vozidla činit max. 2000 l vody.
- ❑ Zahraniční ekvivalenty: Německo (požární automobily typu STLF 10/6, popř. HLF 10/10), Francie (požární automobily typu FPTL), Velká Británie (požární automobily typu MP), Itálie (požární automobily typu APS city).

Varianta (model) 2: požární automobil AS, resp. RZA z lehké hmotnostní třídy L v kategorii 1 – městská s celkovou hmotností max. 7,5 t

- ❑ Předurčenost: do specifických městských lokalit (historické části měst, centra měst, sídliště), které jsou pro běžná zásahová požární vozidla špatně dopravně přístupná vzhledem k dopravně technickému řešení místních komunikací (nedostatečná šířka prostoru místní komunikace → úzké průjezdné profily, malé poloměry kružnicových oblouků úrovnových křižovatek) a nerovnovážným podmínkám dynamické a statické dopravy (intenzita silničního provozu, velké množství odstavených a zaparkovaných vozidel vzhledem k omezené kapacitě komunikací a odstavných ploch v dané lokalitě).
- ❑ Cíl: zajistit ve vytipovaných lokalitách potřebnou dostupnost a průjezdnost vozidel jednotek PO, která zajistí dostatečně rychlou dopravu jednotky PO na místo MU tak, aby byly dodrženy časy dojezdu dle poplachového plánu. V případě nahrazení dosavadních CAS vyšších hmotnostních tříd by se jednalo o nemalou finanční úsporu při nákupu, ale také při provozu uvedeného druhu požárního automobilu.
- ❑ Využití: vozidlo organizačně zařazeno jako 1. výjezd, tzv. automobil rychlé intervence s družstvem o sníženém početním stavu (osádka 1+3), který by umožnil dřívější zásah jednotek PO a tím by zvýšil její operační hodnotu než by v případě potřeby dorazily další posilové jednotky dle povahy zásahu. Jako první vozidlo HZS ČR na místě zásahu by jeho osádka provedla počáteční průzkum, rozvinutí vedení pro dodávku vody k požářišti, hašení drobných ohnisek požáru, technické zásahy drobnějšího rozsahu a základní zabezpečení u dopravních nehod včetně poskytnutí neodkladné

pomoci postiženým osobám a vyproštění až do příjezdu posilových jednotek. V menších historických městech by tento automobil mohl tvořit základní techniku určenou k výjezdu.

- ❑ Provedení: výbava AS ve speciálním technickém provedení, resp. RZA ve speciálním provedení k hašení (vybavení požární příslušenstvím odchylné od vyhlášky [12] na základě analýzy uvedené v Kap. 5.4). Ta by měla poskytovat pro účely zdolávání požárů minimální dobu k hašení 10 minut (nádrž na vodu min. 1000 l). Další požární příslušenství by mělo zajistit provedení základních, neodkladných činností u technických havárií, dopravních nehod a únicích NL.
- ❑ Zahraniční ekvivalenty: Německo (požární automobily typu TSF-W), Francie (požární automobily typu VPI), Velká Británie (požární automobily typu LPA, LFA a LRU).

Abychom mohli přesněji vydefinovat základní požadavky na šasi včetně určení rozměrů pro oba uvedené modely požárních automobilů do městské zástavby je nezbytné vědět, v jakých provozních podmínkách z hlediska dopravní infrastruktury budou vozidla pracovat a jaký geografický, resp. společensko-urbanistický ráz má příslušný hasební obvod, ve kterém bude uvedená požární technika dislokována. Podobně bude třeba posoudit na základě analýzy činností prováděných jednotkami PO u zásahu v městských aglomeracích, jaká je nezbytně nutná výbava (vůči vyhláškou standardizované výbavě [12]) požární příslušenstvím pro oba modely automobilů tak, aby dle svého předurčení plnily požadovanou funkci.

5.1. Dimenzace rozměrů požárních automobilů do městské zástavby z hlediska jejich přístupnosti k objektům

Jedním z důvodů problémové dopravní dostupnosti zásahových požárních automobilů jednotek PO v ČR, který spočívá především ve ztížených podmínkách pro průjezd a dojezd požární techniky k místům událostí v zastavěných městských oblastech (např. sídliště, obytná centra měst nebo obytné zklidněné zóny) byla a je dlouhodobá absence konkrétních požadavků v předpisech v oblasti požární prevence a tlak na jejich důsledné dodržování. Především není dostatečně reflektován vývoj situace v silniční dopravě a změny trendu urbanistické výstavby, související s uplatněním nových technických poznatků při projektování staveb, ať už je to na úrovni právních předpisů nebo norem, které by komplexně řešily podmínky přístupu požární techniky k budovám. Až v roce 2008 se podařilo prosadit a schválit právní předpis, který však pouze okrajově řeší tuto problematiku, a tím je vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění pozdějších předpisů. Zmíněný právní předpis uvádí ve své příloze č. 3 pouze pět konkrétních ustanovení, které mají přímou souvislost s podmínkami přístupu požární techniky k budovám a jejich okolí, což je objektivně nedostatečný stav ve srovnání s obdobnými předpisy v zahraničí. Dalšími předpisy, které také nedostatečně řeší problematiku přístupu zásahových požárních vozidel k budovám jsou normy požární bezpečnosti staveb, a to normy ČSN 73 0802 - Nevýrobní objekty, resp. 73 0804 - Výrobní objekty a na ně navazující normy. Ty se mimo jiné definují zařízení pro protipožární zásah, kterými jsou přístupové komunikace včetně nástupních ploch, zásahové cesty

a technická zařízení zajišťující dodávku hasebních prostředků k budovám a do jejich vnitřních prostor. V normách užívané hodnoty se staly základem pro několik ustanovení ve výše uvedeném právním předpise definujícím parametry přístupových komunikací k budovám, z nichž nejpodstatnější stanovuje šířku jízdního pruhu 3,0 m s odkazem na projekční normu pro projektování silnic ČSN 73 6101 a místních komunikací ČSN 73 6110 [23].

Uvedené dopravně-inženýrské projekční normy a především pak norma [23] pro projektování místních komunikací ve městech a obcích při návrhu místních komunikací akceptuje požadavky na přístupové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku tím, že se zpětně odkazuje na normy požární bezpečnosti staveb (např. ČSN 73 0802). A protože normy požární bezpečnosti staveb podrobnější nároky, jako např. minimální vnější poloměr zatáček, šířka jízdního pruhu v zatáčkách a únosnost komunikací na přístupové místní komunikace pro požární techniku nekladou, pak jsou tyto komunikace projektovány dle ustanovení [22, 23]. Navíc norma [23] odchylně definuje vůči normám požární bezpečnosti povolenou šířku jednopruhového jízdního pásu až na hodnotu 2,5 m, což může v praxi vést k nejednotným projekčním postupům a zásadním způsobem ovlivnit přístupnost staveb. Dopravně-inženýrské normy pro projektování silnic mají navíc odlišné základní zásady oproti požadavkům, které mají a měly by mít na přístupové a místní komunikace jednotky PO, resp. požární prevence. Projektování místních komunikací vedoucí ke zklidňování dopravy také přihlíží i k jiným funkcím komunikací než jen dopravním, např. bezpečnostním, obytným, památkovým, přírodním, což vede k užití principů, co největšího vyloučení nebo omezení nežádoucích průjezdů, které jsou naopak pro zasahující jednotky PO a jejich vozidla podstatnou podmínkou při dopravě na místo události vedoucí k naplnění jejich základního cíle, spočívajícího v rychlém a účinném zásahu při požárech a jiných MU.

Podmínky přístupu zásahových požárních automobilů k objektům v ČR včetně nejdůležitějších technických parametrů přístupových komunikací a nástupních ploch se dají shrnout do následujících bodů:

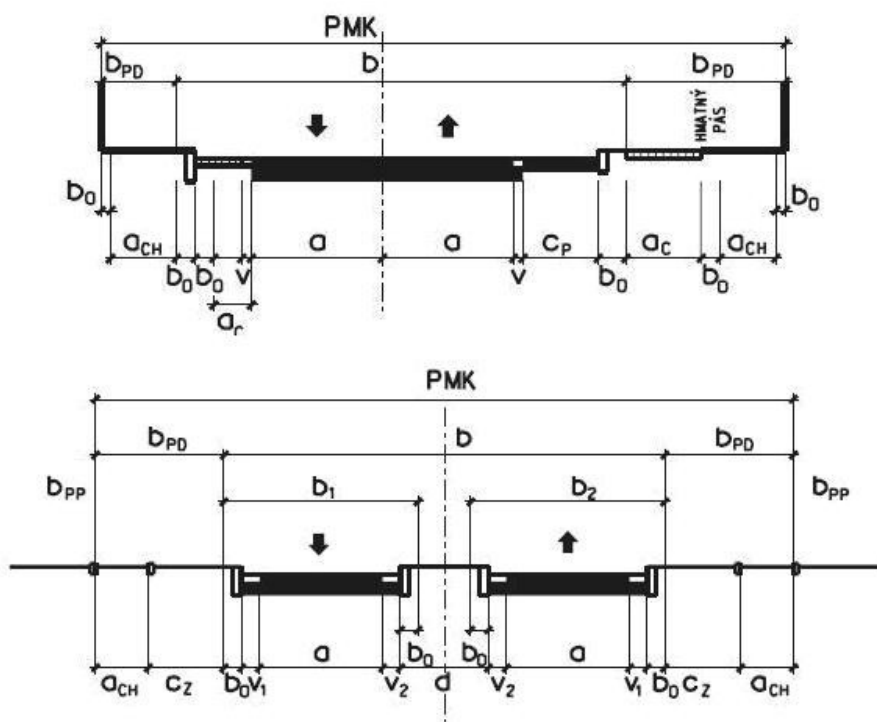
- šířka příjezdové komunikace min. 3 m (ČSN 73 0802, resp. 04),
- šířka vjezdu – průjezdu bránou min. 3,5 m (vyhl. č.23/2008 Sb.),
- výška vjezdu – průjezdu bránou min. 4,1 m (vyhl. č.23/2008 Sb.),
- šířka nástupní plochy min. 4 m (ČSN 73 0802, resp. 04),
- únosnost nástupní plochy 100 kN na nejzatíženější nápravu požární techniky (ČSN 730802, resp. 04),
- max. délka neprůjezdné jednopruhové komunikace bez možnosti odbočení 50 m (vyhl. č. 23/2008 Sb.),
- vzdálenost objektu od přístupové komunikace ve zvláštních případech 20 m resp. 10 m (ČSN 73 0802, resp. 04).

Daleko podrobněji pak určují podmínky a parametry přístupových místních komunikací dopravně projekční normy a předpisy. Ty dělí přístupové komunikace k objektům do funkčních skupin dle dopravního významu místních komunikací na skupinu B – sběrné komunikace obytných útvarů zajišťující spojení v obci, resp. na hranici urbanistických celků a mezi nimi (silnice I. – III. třídy), skupinu C – obslužné komunikace ve stávající i nové zástavbě ve vnitřní zóně města (silnice III. výjimečně II. třídy) a typu D1 – obytné zóny v historických i obchodních centrech měst a obcí.

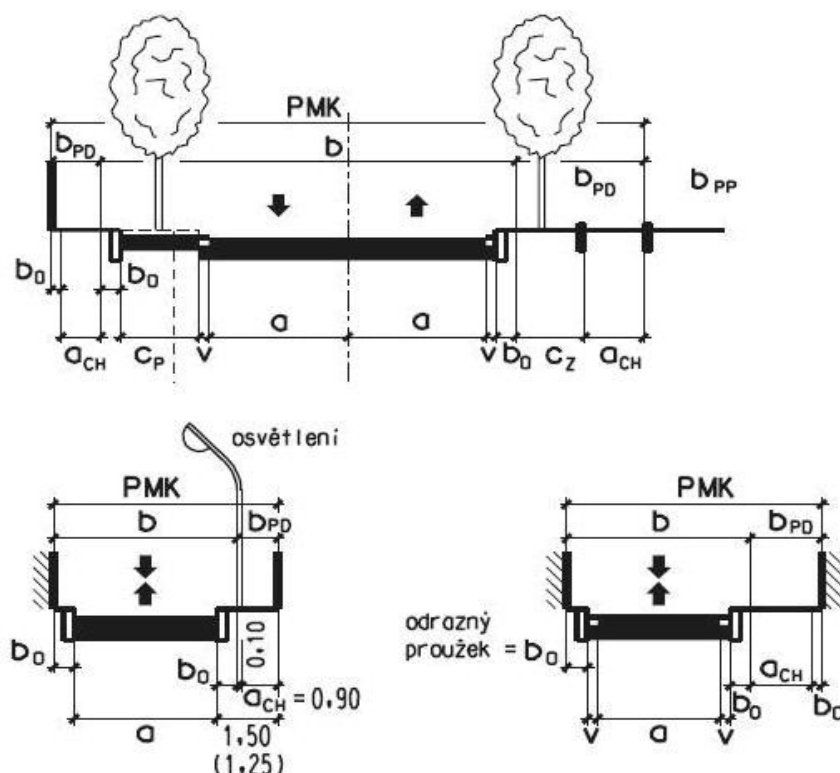
Obecně jsou dle normy [23] pro účely dojezdu zásahových požárních vozidel jednotek PO dány tyto parametry:

- Šířka prostoru místní komunikace min. 3,5 m,
- Šířka komunikace mezi obrubami min. 3,0 m,
- Šířka jednopruhového jízdního pásu min. 2,5 m.

Pro určení prostorových parametrů požárního automobilu s parametry šasi nákladního automobilu je jedním ze stěžejních podmínek min. prostor, resp. min. šířka komunikace, kterou ještě může vozidlo bez problémů projet místní přístupovou komunikací k objektům. Je tedy nutné zhodnotit přístup požární techniky z hlediska šířky různých typů místních komunikací. Zatímco silnice podtypu MS2p 15/11,5/50, MO2cp 17,1/13,6/30 a MO2d 15/9/30 (první číslo označuje šířku prostoru místní komunikace (PMK) v *m*, druhé číslo pak šířku hlavního dopravního prostoru (*b*) v *m* a třetí pak návrhovou rychlost vozidel po komunikaci v *km/h* – viz Obr. 27) odpovídající skupině komunikací B a C jsou zpravidla pro příjezd a ustavení techniky bezproblémové, tak silnice podtypu MO2 10/6,5/30, MO2k 7/7/30 a MO1 5/3,5/30, které odpovídají skupině místních komunikací C a D1 jsou díky nedostatečně dimenzovanému prostoru komunikace (šířka jízdního pruhu např. 2,5 m – viz Obr. 28) pro příjezd i ustavení požární techniky problémové. Vyhýbání se protijedoucím vozidlům nebo objíždění odstavených vozidel buď značně zpomaluje jízdu, nebo je pro obvykle 2,5 m široká zásahová požární vozidla na šasi nákladních automobilů o hmotnosti 14 a více tun bez zastavení a manévrování na místě nemožné.



Obr. 27 Typ dvoupruhé místní komunikace MS2p 15/11,5/50 funkční skupiny B a C směrově rozdělené s jízdním pruhem pro cyklisty v hlavním dopravním prostoru nebo přidruženém prostoru (nahore), resp. typ místní komunikace MO2d 15/9/30 se směrovým rozdělením (dole), [23]



Obr. 28 Typ dvoukruhové místní komunikace MO2 10/6,5/30 směrově rozdělené (nahore), resp. typy jednapruhových místních komunikací MO1 5/3,5/30 funkční skupiny C (dole), [23]

Např. při průjezdu jednapruhové obousměrné komunikace typu MO1 5/3,5/30 (obytné zóny, koncové úseky silnic vedoucí na sídliště) má zásahové vozidlo při rovnoběžně zaparkovaných nebo protijedoucích osobních automobilech (obvyklá šířka 1,8 m) max. šířku na průjezd 1,7 m, což je šířka neumožňující plynulý průjezd. V druhém případě při průjezdu dvoupruhové komunikace typu MO2k 7/7/30 nebo dříve projektované MS 6,5/60(50) (sběrné úseky místních silnic intravilánu města) má zásahové vozidlo průjezdný profil při obsazení obou pruhů osobními automobily 2,4 m, resp. při obsazení jednoho pruhu nákladním a druhého osobním vozidlem pouze 2,2 m, při využití krajnice má pak průjezdný profil rozteč 2,7 m.

Mezi další parametry komunikací, které zásadním způsobem ovlivňují přístup zásahových automobilů k objektům jsou poloměry kružnicových oblouků (zatáček) křižovatek ve vztahu k max. obrysovému průměru zatáčení konkrétních druhů požárních automobilů. Z teorie konstrukce vozidel plyne, že pokud máme dvě vozidla se stejným nastavením rejdového ústrojí (čepu) na šasi, stejným rozměrem kol a druhem pneumatik, pak menší obrysový průměr zatáčení bude mít to vozidlo, které má menší rozvor kol, resp. délku podvozkové části šasi. Je tedy nesporné, že menší, kompaktnější zásahová požární vozidla budou mít menší průměr zatáčení, než vozidla vyšších typových řad šasi a tedy i hmotnostních tříd, což jim umožní manévrování a ovladatelnost na daleko menším prostoru v zatáčkách nebo při jízdě mezi vozidly v silničním provozu.

Nejmenší doporučený poloměr obrub místních komunikací na vnitřní straně oblouků přilehajícím k jízdním pruhům a vymežující tak prostor komunikace pro pohyb vozidel uvádí [23] v následující Tab. 12.

Tab. 12 Poloměry obrub vnitřní hrany oblouků místních komunikací v metrech, [23]

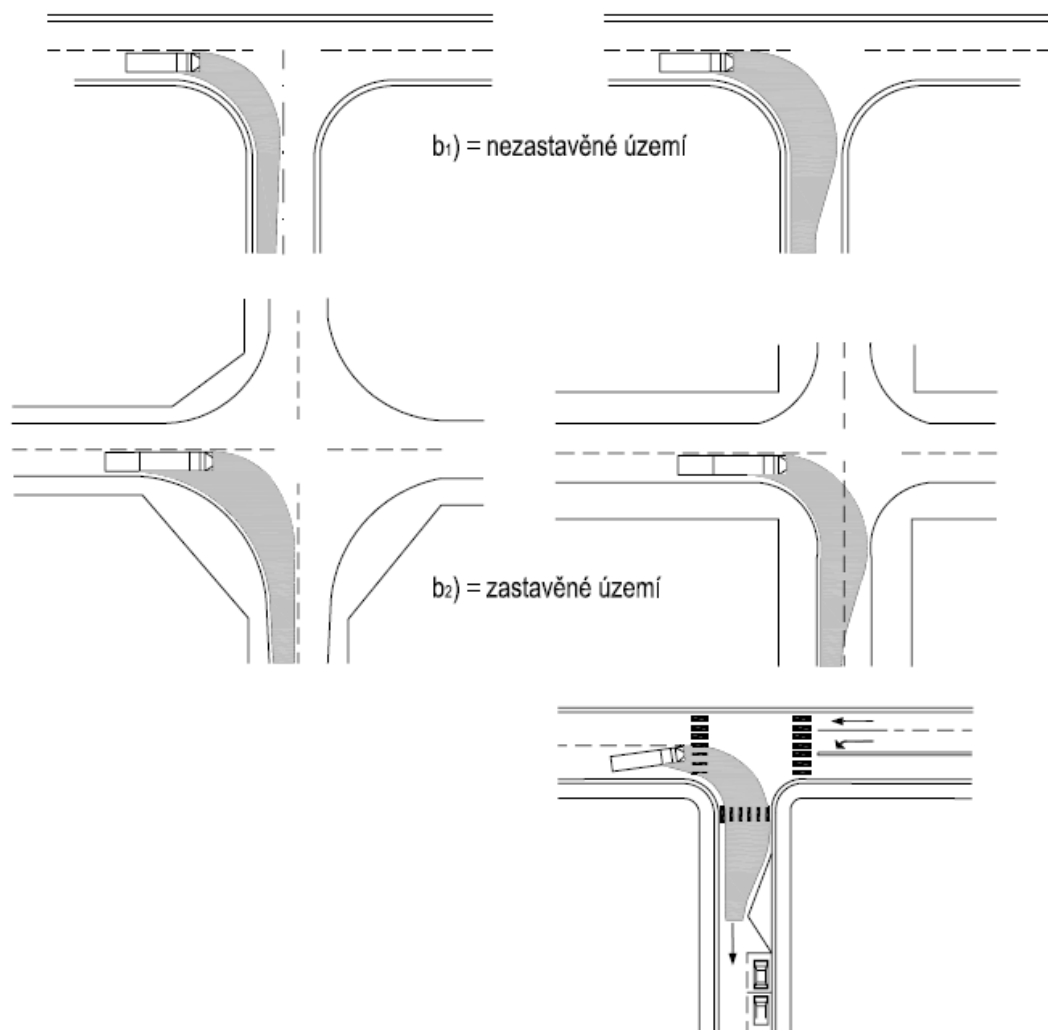
Středový úhel komunikace ve stupních	Osobní nebo nákladní automobily do 9 m délky a menší		Silniční vozidla nad 9 m délky
	komunikace sběrné	komunikace obslužné, obytné zóny	
do 30°	15,0	9,0	15,0
60°	8,0	5,0	10,0
90°	6,0	4,0	10,0

Naproti tomu poloměr kružnicových oblouků křižovatky (viz Obr. 29) se pro vytvoření nároží křižovatek dopravně méně významných silnic, obslužných a účelových místních komunikací navrhuje dle [22], viz Tab. 13). Ovšem v odůvodněných případech je možné na dopravně méně zatížených křižovatkách a ve stávajících stísněných poměrech při rekonstrukcích křižovatek použít menších poloměrů kružnicových oblouků než uvádí Tab. 13. Toto je možné jen za předpokladu zajištění rozhledu a dostatečné šířky přilehlých průběžných jízdních pruhů, které umožní odbočení v rámci vozovky, jak ukazuje Obr. 30.



Obr. 29 Nároží křižovatek a jejich kružnicové oblouky, [22]

b) příklady vztahů vlečných křivek a polohového řešení úrovně křižovatky



Obr. 30 Skutečné kružnicové oblouky v případě nedostatečného prostoru v křižovatce, [22]

Tab. 13 Nejmenší poloměry kružnicových oblouků okrajů jízdního pruhu silnic podle druhu automobilu v metrech, [22]

Nejmenší R_0 v m		Vozidlo
dovolený	doporučený	
5,00	6,00	osobní a dodávkový automobil
7,00	8,00	malý a střední nákladní automobil, linkový autobus
9,00	10,00	velký nákladní automobil, dálkový autobus, návěšová souprava
12,00	15,00	kloubový autobus, přívěšová souprava

Pozn. R_0 = poloměr kružnicového oblouku vnitřního okraje jízdního pruhu

V zájmu principů bezpečnosti a zklidňování dopravy (snížení délky přechodů a snížení rychlosti na místních komunikacích) bývají užity poloměry co nejmenší, což naopak v praxi dělá velké problémy jednotkám PO v přístupu obvykle rozměrnými nákladními automobily ve speciálním provedení s účelovou nástavbou pro daný typ zásahu na sídlištích nebo v obytných centech měst. V praxi se totiž v těchto lokalitách navrhují poloměry zatáček a jejich obrub za předpokladu, že na těchto komunikacích bude vyloučen provoz pro nákladní vozidla.

Běžné zásahové požární vozidlo CAS na pomezí střední a těžké hmotnostní třídy (třída M a S dle ČSN EN 1846-1) o celkové hmotnosti cca 14 – 15 tun a délce obvykle 7,5 – 8 m disponuje reálně obrysovým průměrem zatáčení od 16 m (pro variantu pohonu 4x2) do 18 m (pro variantu 4x4), přitom max. normové hodnoty (dle ČSN EN 1846-2) jsou pro uvedené hm. třídy dvounápravových požárních automobilů ještě o jeden metr vyšší. Pokud tyto parametry porovnáme s poloměry obrub komunikací a křižovatek uvedených v textu výše, zjistíme, že např. i při maximálním využití dopravního prostoru jednopruhovému obslužné komunikace nebo obytné zóny (ta má šířku 3,5 m) pro jízdní manévry vjetí do 90° zatáčky (s vnitřní obrubou komunikace 4,0 m) je schopen projet bez zastavení a manévrování spojeného s couváním pouze požární automobil s průměrem zatáčení do 16 m. Ostatní vozidla, především pak CAS hm. třídy M a S v provedení pohonu 4x4, tří a vícenápravové CAS, jakož i výšková technika pro tento případ nebudou schopna danou zatáčkou projet bez adekvátního manévrování (např. najetí na chodník, vycouvání) dle konkrétní situace, která vede ke zpoždění při dopravě jednotek PO k místu zásahu. Dá se říci, že nejnižší hodnoty ve druhém sloupci Tab. 12 a prvním sloupci Tab. 13 jsou na hranici použitelnosti i pro požární techniku ze střední hm. třídy v provedení podvozku městském (pohon kol 4x2), které snižuje jejich obrysový průměr zatáčení a zlepšuje manévrovatelnost. Pro nejrozměrnější požární techniku (např. automobilové žebříky a plošiny) je průjezdnost a dosažitelnost míst zásahů v takto navrhovaných lokalitách velmi diskutabilní a často se z vlastní zkušenosti při výjezdech jednotek PO setkávám s případy, kde je přístup zásahových vozidel i díky neohleduplnosti ostatních účastníků silničního provozu nemožný. Naproti tomu komunikace s hodnotami poloměru zatáček v prvním sloupci Tab. 12 a zároveň vyšší hodnoty poloměru oblouku křižovatky než

5 m uvedené v Tab. 13 jsou pro střední hm. třídu požárních automobilů obvykle dobře průjezdné. Pro těžší CAS (hm. třída S) a výškovou techniku s obvyklým obrysovým průměrem zatáčení cca 18 – 19 m, resp. 20 m a více jsou nutné minimální vnitřní poloměry zatáček a křižovatek o velikosti 8 – 9 m.

Na závěr je však třeba konstatovat, že uvedené specifikace a parametry místních komunikací z dopravně inženýrských norem jsou v některých věcech poměrně nové, jelikož obě zmiňované normy prošly před nedávnou dobou rozsáhlými revizemi, které reagovaly na vývoj situace v silniční dopravě a změny trendu urbanistické výstavby. Lze říci, že některé parametry místních komunikací byly zachovány, některé jsou naopak definovány nově nebo odchýlně s důrazem kladeným na hlavní principy místních komunikací v zastavěných oblastech měst a obcí. Z hlediska požární ochrany je však negativní, že došlo k snížení dovoleného nejmenšího poloměru vnitřní hrany jízdního pruhu křižovatek, protože tím se ještě více zúží prostor pro manévrování a zatáčení zásahových vozidel na nově navrhovaných místních komunikacích. Z uvedeného plyne, že pro navrhovaný model vozidla CAS, resp. i pro model AS (RZA) požárního automobilu do městské zástavby bude muset být definován maximální přípustný obrysový průměr zatáčení 15,5 m. Naopak se zpřísnily požadavky výše uvedených norem na definování nových příčných uspořádání jednotlivých druhů místních komunikací (například již nebude projektována komunikace typu MS 6,5/50), což je pozitivní z hlediska průjezdnosti požární techniky. Přesto je nutné s ohledem na příčné rozměry místních komunikací uvažovat u modelu CAS se zeštíhlením na úroveň šířky kabiny vozidla (i nástavby) max. 2,35 m, u druhého modelu v podobě AS (RZA) definovat max. šířku 2,1 m. Hlavní rozdíl v přístupnosti jednotek PO v ČR k objektům po místních komunikacích v porovnání s hasičskými sbory ve Velké Británii, Francii nebo Německu je existence resortních předpisů a normativů, které se poměrně podrobně zabývají přístupem požární techniky k objektům a mimo jiné definují pro ně dostatečný prostor v zatáčkách a křižovatkách (šířka komunikace a její min. poloměr v zatáčce), který je zásadní pro bezproblémovou dopravu a dojezd k místu zásahu.

5.2. Podmínky přístupnosti požární techniky k objektům ve vybraných evropských zemích

Následující text představuje nejdůležitější fragmenty podmínek přístupu zásahových požárních automobilů k objektům ve výše uvedených zemích. Ve Velké Británii jsou podmínky přístupu požární techniky dány obecně stavebním řádem [24], který je konkretizován dle příslušné lokality pokynem tamního hasičského sboru. Obecně uznávaným bezpečnostním pokynem pro přístup požárních vozidel je pak předpis londýnského hasičského sboru [25]. Nejdůležitější technické parametry přístupových komunikací a nástupních ploch dle předpisu LFEP („London fire & emergency planning authority“) uvádí Tab. 14

Tab. 14 Parametry přístupových komunikací pro vybranou požární techniku dle LFEPA, [25]

Typ požární techniky	Min. šířka komunikace mezi obrubníky (m)	Min. šířka průjezdu - vjezdu (m)	Min. průměr zatačky mezi obrubníky (m)	Min. průměr zatačky mezi zdmi (m)	Minimální průjezdná výška (m)	Minimální únosnost komunikace (t)
CAS	3.7	3.1	16.8	19.2	3.7	14.0
Výšková - AŽ, AP	3.7	3.1	26.0	29.0	4.0	23.0
Speciální technika	4.0	3.1	26.0	29.0	4.27	32.0

Předpis LFEPA [25] dále definuje minimální rozměry nástupní plochy, která musí mít min. šířku 6 m pro požární automobily CAS a pro výškovou techniku udává předpis rozměry ještě přísnější. Přístupové komunikace musí zajistit plynulé otočení požární techniky v zatačce. Přídavný prostor v zatačce musí poskytnout dostatek místa pokud je využito pro návrh zatačky nároží (zatačka v jednom směru s určitým středovým úhlem). Vnitřní prostor zatačky nesmí být narušen žádným zvýšeným obrubníkem. Neprůjezdné jednopruhové komunikace musí být pro požární vozidla navrženy tak, aby umožňovaly max. po 20 m odbočení nebo vytočení formou kruhového objezdu, resp. křižovatky.

Pokyn dokonce uvádí doporučené technické parametry šasi pro CAS:

- Max. délka vozidla 7,9 m,
- Max. výška vozidla 3,3 m,
- Max. šířka vozidla 2,5 m,
- Max. celková hmotnost vozidla 14 tun,
- Max. rozvor náprav 4,4 m,
- Rozchod kol zadní nápravy 1,25 m,
- Min. světlá výška (pod nápravou) 140 mm.

Podobně jako ve Velké Británii, tak i ve Francii jsou definovány obecné podmínky přístupu zásahových požárních automobilů k objektům novelizovaným stavebním zákonem z roku 1976, a to článkem R 111-2 a R 111-5, na který v tomto případě navazují pokyny francouzského hasičského záchranného sboru SDIS („Le service départemental d'incendie et de secours“) dle oblasti, ve které působí [26]. Přístupové komunikace pro jednotky hasičských a záchranných sborů SDIS 47 z Lot-et-Garonne k objektům jsou koncipovány pro příjezd buď CAS (do 8 m výšky objektu) nebo pro příjezd výškové techniky (nad 8 m výšky objektu), což umožní dimenzovat potřebný prostor pro příjezd a manipulaci s vozidly.

Nejdůležitější technické parametry přístupových komunikací a nástupních ploch dle předpisu SDIS 47 pro CAS jsou dány obecně minimální šířkou 8 metrů pro jakoukoli komunikaci bez ohledu na směr příjezdu nebo přístupu z veřejné komunikace.

Šířka jednotlivých jízdních pruhů je přitom min. 3 m s vyloučeným parkováním pro komunikaci, jejíž celková šířka je mezi 8 a 12 m. Minimální vnější poloměr zatáčky je $R = 11$ m, při rozšíření běžné šířky jízdního pruhu zatáčky o $S = 15 / R$, pro vnitřní poloměr menší než 50 m (veličiny S a R jsou vyjádřeny v metrech). Volná průjezdná výška komunikace na rovném terénu je 3,50 m. Celková únosnost vozovky pro požární techniku je min. 160 kN, odolnost proti průrazu (tlaková únosnost) vozovky je 80 N/cm^2 na minimální ploše $0,20 \text{ m}^2$ (~ tlak. síla vozidla 16 tun). Nástupní plochy pro požární techniku a především pak pro tu výškovou uvádí SDIS 47 jako plochy o min. délce 10 m vůči průčelí objektu a min. šířce jízdního pásu navýšené o 4 m. Nástupní plocha musí být minimálně dopravně propojena s přístupovou komunikací pro požární techniku CAS, která ústí na veřejnou dopravní síť. Pokud je nástupní plocha umístěna v jednopruhově neprůjezdné ulici musí být minimální šířka komunikace zvýšena na 10 m s parkovacím pásem od 7 m šířky této komunikace. Pro snadnější provádění zásahů a výjezd vozidla z jednopruhových neprůjezdných komunikací (slepé ulice) a ulic bez křižovatek delších než 50 m SDIS doporučuje provádění odbočení nebo vytočení formou kruhového objezdu, resp. křižovatky pro změnu směru.

V porovnání s ČR jsou v Německu striktně uplatňovány podmínky pro přístup zásahových požárních automobilů k objektům. Ty jsou dány jednak stavebními právními předpisy spolkových republik, jako je tomu v případě stavebního zákona spolkové země Severní Porýní-Vestfálsko (BauO NRW pod číslem GV. NRW. 2000 S.256) z roku 2000, ve znění pozdějších předpisů, který definuje potřebu přístupových komunikací a volného přístupu pro hasičské sbory spolu s navazujícími regulačními předpisy (např. VkVO o výstavbě a provozu maloobchodních lokalit, HochhVO o výstavbě a provozu výškových budov). Konkrétní požadavky jsou dále rozpracovány oddělením požární ochrany a prevence německého Úřadu požární ochrany a vydány ve formě technické normy [27] pod názvem „Přístup a nástupní plochy pro hasiče“, která je z roku 2003.

Nejdůležitější technické parametry přístupových komunikací a nástupních ploch dle normy DIN 14 090 [27] jsou :

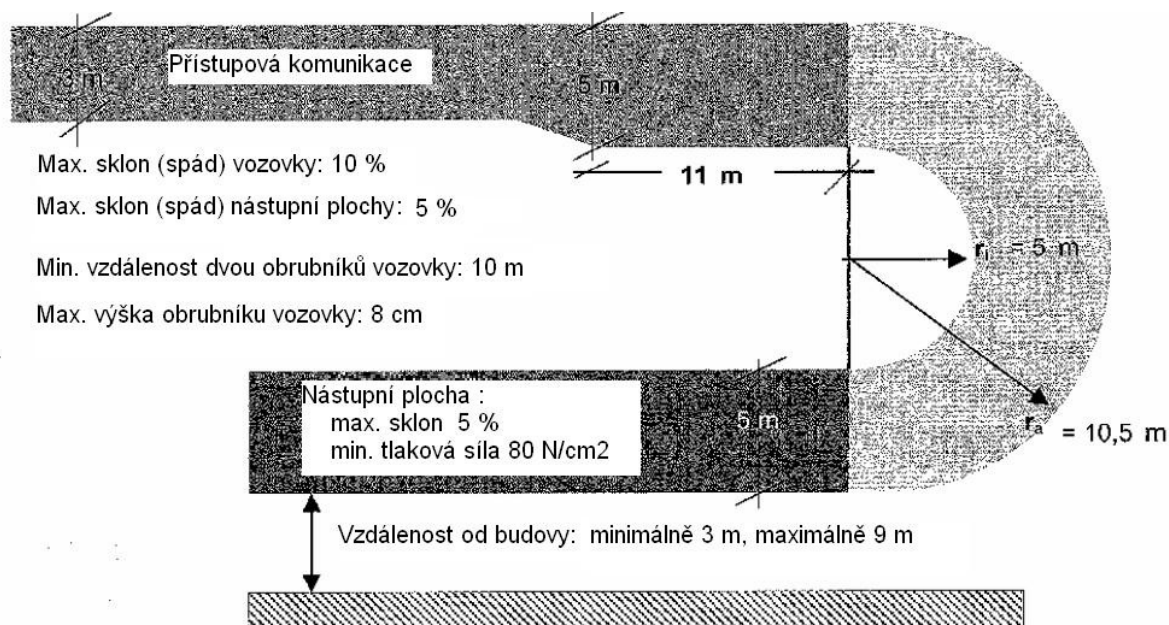
- Šířka přístupové komunikace (jízdního pásu)..... min. 3 m,
- Šířka průjezdu, průchodu (pokud je delší než 12 m) 3,5 m,
- Výška průjezdu 3,5 m (pro rovný terén, v případě sklonu komunikace se postupuje individuálně, sklon menší než max. 10 %),
- Min. vnější radius zatáčky $R = 10,5$ m,
- Min. dovolená únosnost přístupových komunikací a nástupních ploch je 16 tun, na jednu nápravu pak min. 10 tun, přičemž komunikace musí splňovat zatížení tlakovou silou min. 80 N/cm^2 (800 kPa).

Zatáčky na přístupových komunikacích musí být v kružnicových obloucích oproti rovným úsekům provedeny v takové šířce jízdního pruhu (viz Tab. 15), který bude umožňovat při daném poloměru zatáčky plynulé zatočení vozidla s max. obrysovým průměrem zatáčení 21 m. Počátek rozšíření komunikace musí dle [27] probíhat v délce min. 11 m před začátkem vlastní zatáčky (oblouku), viz Obr. 31.

Tab. 15 Minimální šířky jízdního pruhu zatáčky vzhledem k jejímu navrhovanému poloměru, [27]

Vnější radius zatáčky (jízdního pruhu) (m)	Šířka jízdního pruhu zatáčky-oblouku (m)
< 10,5 ; není dovoleno	-
> 10,5 až 12,0	5,0
> 12,0 až 15,0	4,5
> 15,0 až 20,0	4,0
> 20,0 až 40,0	3,5
> 40,0 až 70,0	3,2
> 70,0	3,0

Provedení nástupních ploch pro požární techniku je definováno pro budovy vyšší jak 8 m, a to v rozměrech šířky min. 5 m a délky min. 11 m.



Obr. 31 Schématický nákres přístupové komunikace s nástupní plochou s odpovídajícími parametry dle německých předpisů, [27]

Z výše uvedeného textu je při srovnání s podmínkami pro přístup jednotek PO k objektům v ČR oproti jiným evropským zemím patrný značný rozdíl, který se musí zákonitě někde objevit, a to právě při již mnohokrát zmiňované dopravě a dojezdu

požárními automobily k místu zásahu. Nejvíce se tento problém projevuje u jednotek PO v hustých městských aglomeracích, kde je poměrně složitá dopravní infrastruktura nedovolující díky stávajícím poměrům zástavby výraznější změnu či rekonstrukci dle nových předpisů, které by kladly větší důraz na zajištění přístupu pro požární techniku jednotek PO. Když se k tomu navíc přidá poměrně vysoká hustota a intenzita silničního provozu nastává situace, která značně komplikuje a někdy i zabraňuje konvenčním a relativně prostorově i hmotnostně rozměrným, resp. těžkým vozidlům v takto ovlivněných lokalitách efektivně zasáhnout.

Tyto závěry jen dále potvrzují již dříve uvedené skutečnosti, že do vytipovaných městských lokalit je třeba v podmínkách ČR definovat v určitém směru nový druh požárního zásahového automobilu, který bude nejen hmotnostně lehčí a tím i dynamičtější z hlediska jízdy, ale také rozměrově menší a tím i kompaktnější pro lepší průjezdnost a manévrování v úzkých přístupových komunikacích a jízdnicích profilech. Zatímco v Kap. 5.1 byly definovány základní požadavky na šířku a obrysový průměr zatáčení vozidla, je nutné zdůraznit, že tyto parametry přímo souvisí i s dalšími funkčními částmi šasi a jejími vlastnostmi (např. rozvor a rozchod kol, světla výška a délka podvozku vozidla atd.), kterých se optimalizační požadavky také dotýkají.

5.3. Analýza zásahových činností jednotek PO ve městech za posledních 10 let

Cílem analýzy účelově směřované na největší města ČR – Prahu, Brno, Ostravu a Plzeň bylo zjistit posun a změny v prováděných činnostech u zásahu jednotek HZS ČR při řešení MU vzhledem k organizačním a právním změnám na úseku PO, IZS a krizovém řízení v poslední dekádě. Tyto změny se promítly do nárůstu celkového počtu zásahů jednotek PO za posledních 11 let o více jak 25 tisíc zásahů, což odpovídá navýšení o cca 32 % vzhledem k roku 1999 (index 2009/1999). Výsledky analýzy by měly sloužit k optimalizaci vybavení „městských“ jednotek HZS ČR potřebnými TPPO a požárními příslušenstvím pro zásahovou činnost při výjezdech předurčenou požární technikou. Smyslem je také zjistit, které činnosti byly nebo jsou u zásahů dominantní, které naopak postupem času ztratili pro jednotky zasahující primárně v městské aglomeraci význam. Na základě těchto dat následně konsolidovat vybavení, které bude umístěno v požární technice organizačně předurčené pro 1. výjezd a které zároveň zajistí maximální univerzálnost dopravované jednotky při zohlednění redukováných prostorových a hmotnostních parametrů zásahového požárního automobilu určeného pro zásahy v městské zástavbě. Charakteristické pro jednotky HZS krajů dislokované ve velkých městech je jejich majoritní podíl na řešených MU, který dosahuje až 90 % všech zásahů, což je logické z hlediska vysoké úrovně požárního nebezpečí v daných lokalitách a tím nutného zajištění adekvátní rychlé a účinné pomoci z HS dislokovaných v rámci katastru konkrétního města. Pokud se podíváme na nárůst celkového počtu zásahů u výše uvedených měst vůči roku 1999, pak došlo u jednotek HZS hl.m. Prahy k navýšení o celých 46 %, u jednotek HZS ÚO Brno dokonce o 51 % a HZS ÚO Plzeň zasahoval v průměru o 43 % častěji. Nejnižší nárůst ve sledovaném období posledních 11 let pak evidoval s 22 % HZS ÚO Ostrava.

Základem pro analýzu se stala statistická data vyexportována z interní databáze GŘ HZS ČR a ročenek za posledních 11 let. Zpracování dat nebylo vůbec jednoduché,

vzhledem k tomu, že v průběhu sledovaného období došlo nejen ke změně vlastních databází (z aplikace Winbase na aplikační platformu Oracle), ale i ke změnám v hlavních druzích událostí, na které jednotky PO zasahují. Navíc došlo k přečíslování jednotlivých zásahových činností, popř. jejich doplňování a upřesňování. Výsledná data byla za pomoci tabulkového editoru filtrována dle potřeby, aby byly zjištěny dílčí podíly konkrétních událostí, resp. zásahů a procentuální podíly činností prováděných u těchto zásahů jednotkami PO.

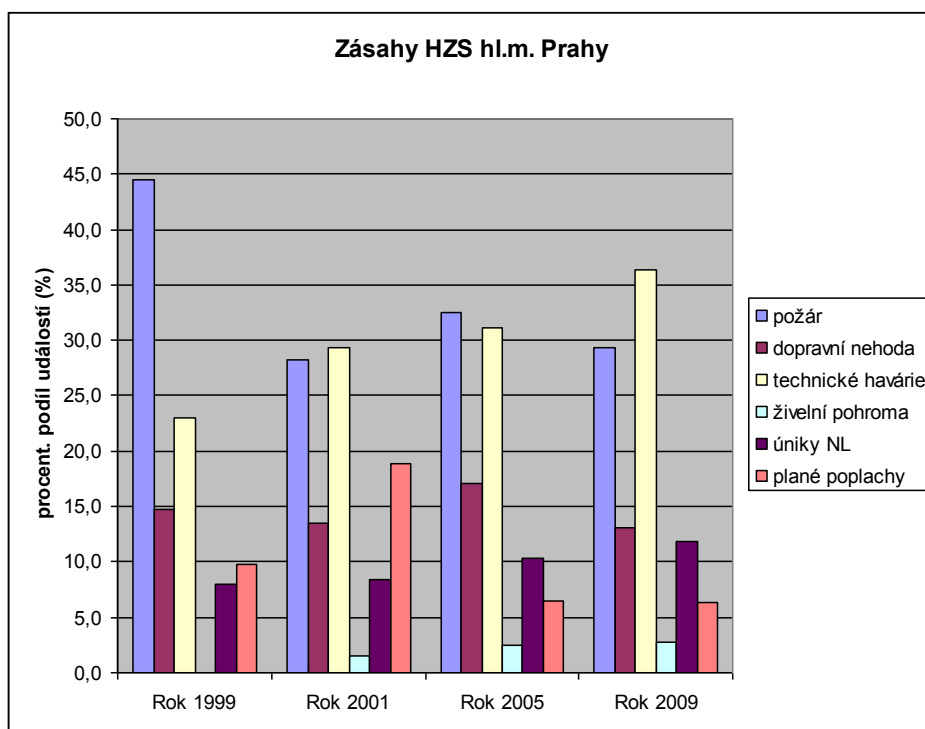
Z níže uvedené tabulky (viz Tab. 16) lze vyčíst nárůst či pokles jednotlivých druhů událostí za poslední dekádu, který je vyjádřen procentuálním indexem porovnávajícím stav k roku 2009 s léty 1999 a 2005. Je vidět, že zatímco počet zásahů na požáry víceméně osciluje již 10 let kolem stejné hodnoty u všech uvedených jednotek HZS ČR, tak naopak u většiny sborů došlo v průběhu let k nárůstu dopravních nehod (výjimka HZS ÚO Plzeň) více jak dvojnásobně, ještě razantnější nárůst je vidět u uvedených sborů při událostech spojených s technickými haváriemi, kde počet událostí tohoto druhu stále rok od roku roste (za posledních 5 let stagnace jen u HZS ÚO Ostrava). Počet živelních pohrom je značně ovlivněn prudkými meteorologickými změnami a excesy počasí, nicméně u některých sborů je vzrůstající trend těchto zásahů zjevný. Co se týče úniků nebezpečných chemických látek, tak i zde došlo v průběhu let ke značnému navýšení počtu zásahů (po celou dekádu stagnace jen u HZS ÚO Ostrava). Počet planých poplachů se mezi jednotlivými sbory značně liší a zatímco u HZS hl.m. Prahy zůstal jejich počet víceméně stejný, tak u HZS ÚO Brno došlo k trojnásobnému navýšení.

Procentuální podíly jednotlivých druhů událostí na celkové zásahové činnosti vybraných sborů HZS ČR v uplynulých letech uvádějí následující obrázky (viz Obr. 32 až Obr. 35). Vlivem zvětšujícího se celkového počtu událostí klesl podíl požárů a dá se říci, že nyní stagnuje na druhé pozici v četnosti zásahů na tuto událost. Naopak podíl technických havárií stabilně roste kromě HZS ÚO Brno a HZS ÚO Ostrava, kde je zaznamenána stagnace, přesto u všech sborů tvoří tyto události hlavní podíl na zásahové činnosti. U dopravních nehod je vidět nárůst podílu zásahů u jednotek HZS ÚO Brno a HZS ÚO Ostrava, jednotky HZS hl.m. Prahy mají prakticky stabilní podíl těchto zásahů již celou dekádu, zatímco větší pokles podílu zásahové činnosti na vrub technických pomocí je patrný u HZS ÚO Plzeň. Ostatní druhy událostí jsou u jednotlivých sborů a v čase dosti proměnlivé.

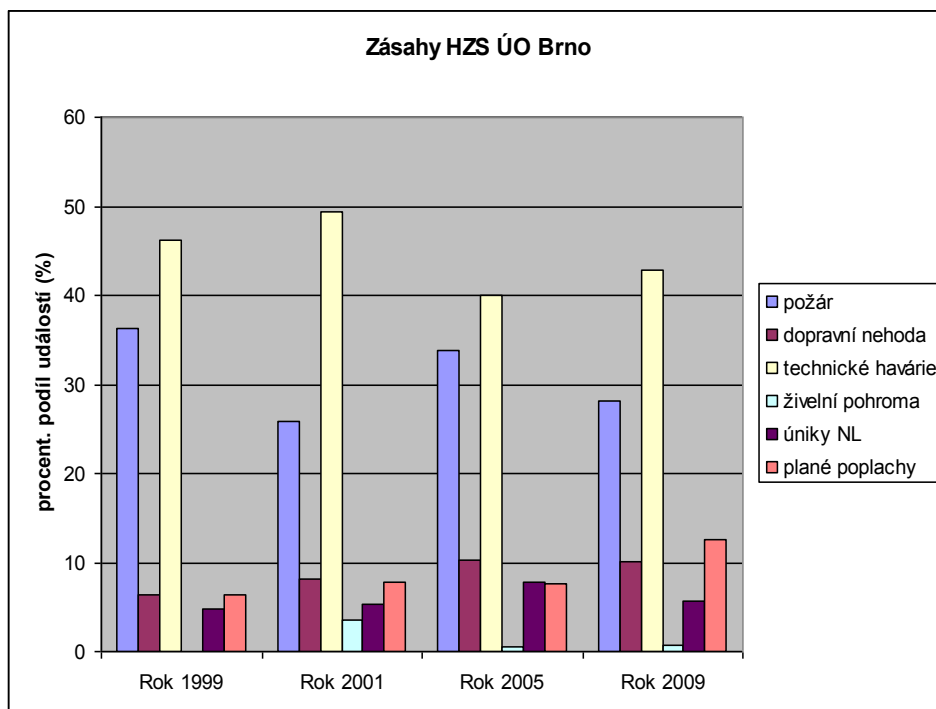
Tab. 16 Srovnání počtu jednotlivých událostí ve vybraných sborech HZS ČR za posledních 10 let

Srovnání počtu jednotlivých událostí ve vybraných městech s léty 1999 a 2005												
Druh události	HZS ČR											
	Praha			Brno			Ostrava			Plzeň		
	počet MU 2009	% index 05/99	% index 09/99	počet MU 2009	% index 05/99	% index 09/99	počet MU 2009	% index 05/99	% index 09/99	počet MU 2009	% index 05/99	% index 09/99
Požáry	2589	103	96	900	96	119	830	99	88	418	117	115
Dopravní nehody	1154	163	130	324	170	245	466	156	157	317	65	70
Technické havárie	3205	191	231	1373	89	142	4691	133	126	720	177	281
Živelní pohromy*	241	193	215	20	16	27	107	156	238	34	3	100
Úniky NL	1048	180	216	181	175	189	135	90	99	125	182	121
Plané poplachy	564	93	96	406	98	303	184	178	133	263	133	187

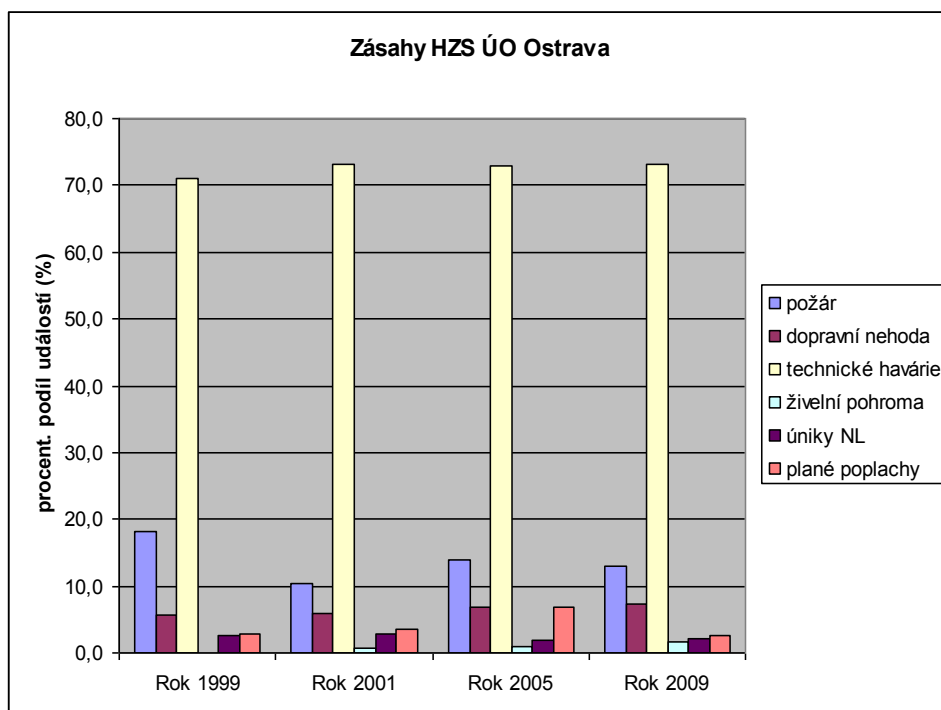
Pozn. * živelní pohromy jsou jako druh události evidovány až od roku 2001, % indexy jsou proto u této události vztaheny k roku 2001 a ne roku 1999



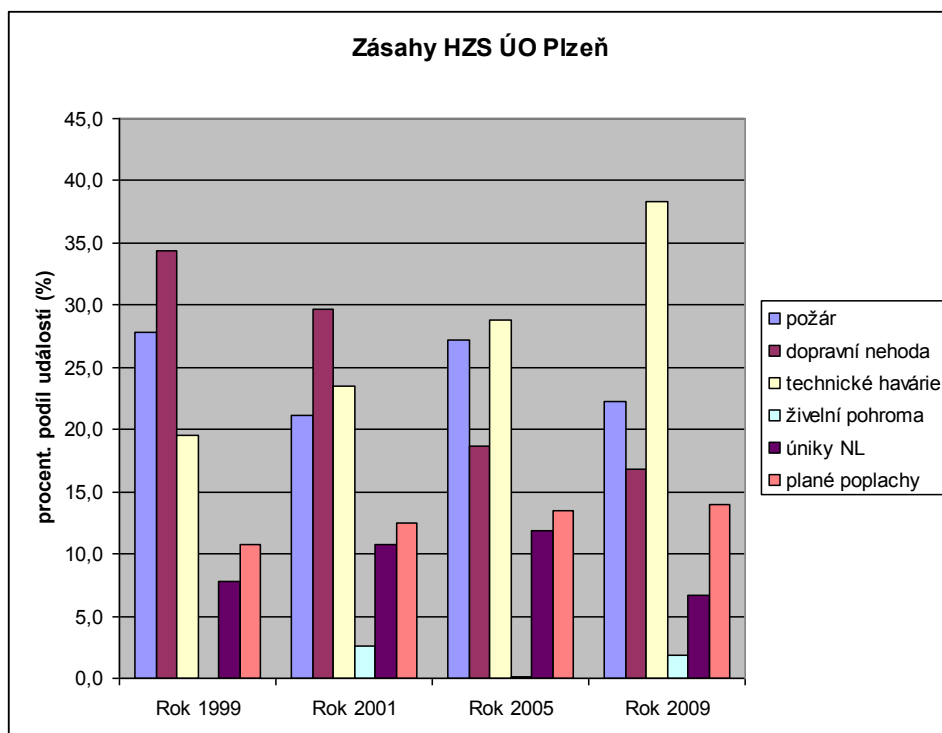
Obr. 32 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS hl.m. Prahy u jednotlivých typů MU



Obr. 33 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Brno u jednotlivých typů MU



Obr. 34 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Ostrava u jednotlivých typů MU

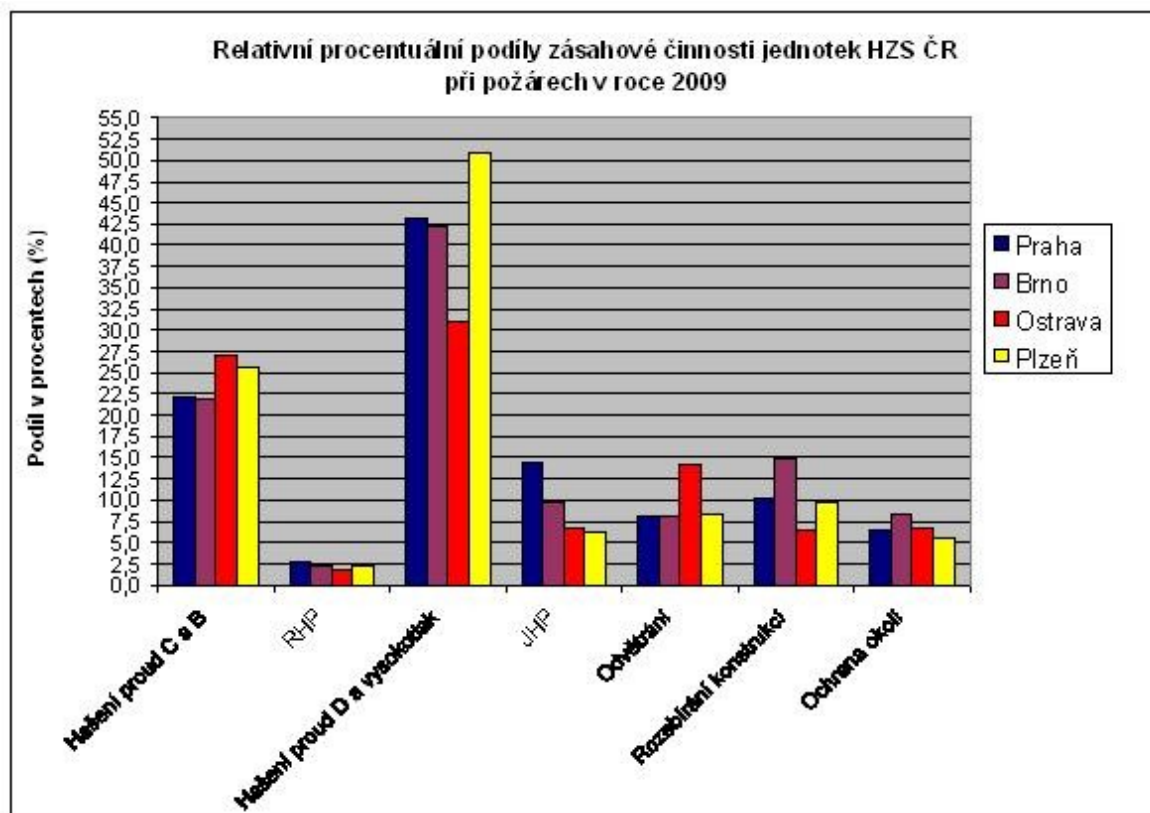


Obr. 35 Procentuální podíl zásahů jednotek HZS ÚO Plzeň u jednotlivých typů MU

Z výše uvedených trendů růstů či poklesů jednotlivých druhů událostí můžeme dedukovat základní schéma konkrétních zásahových činností a jejich relativní četnost vzhledem k danému typu zásahu, resp. absolutní četnost vztaženou k celkovému počtu všech zásahů. Nejčetnější činnosti prováděné u daného druhu zásahu, které souvisí s nutností použít určitý typ TPPO, resp. požárního příslušenství pro zdolání a vyřešení konkrétní situace, na kterou jsou jednotky PO vycvičeny.

U všech uvedených jednotek, kromě jednotky HZS ÚO Ostrava dominuje při požárech použití proudů D25 nebo vysokotlakých proudů (relativní četnost použití při požárech cca 40 - 50 %), což je 2x častěji, než užití klasického hadicového vedení typu C52 nebo B75. U jednotky HZS ÚO Ostrava je pak poměr použití těchto dvou typů vedení přibližně stejný (četnost cca 25 %). Časový trend použití uvedených proudů ve sledovaném období ukazuje, že u HZS hl.m. Prahy došlo k poklesu použití u obou typů proudů o cca 10 %, u HZS ÚO Brno došlo k poklesu četností použití proudů C a B o celých 50 %, zatímco četnost užití proudů D a vysokotlakého proudů zůstala prakticky stejná po celé období. U HZS ÚO Ostrava také poklesla četnost užití klasických hadicových proudů o 10 %, což bylo vyváжено zvýšením četnosti užití vysokotlakých proudů o více jak 30 %. Opačná situace než v Ostravě, byla u jednotek HZS ÚO Plzeň, kde došlo k nárůstu četnosti v použití klasických hadicových vedení o necelých 30 %, které kontrastovalo se snížením použitím vysokotlakých proudů o cca 16 %. Co se týče dalších činností jednotek spojených s likvidací požárů, stojí určitě za zmínku trend poklesu nuceného větrání, a to o cca 35 % u HZS hl.m. Prahy a ÚO Plzeň, kde došlo ke snížení užití obvykle přetlakových ventilátorů. U jednotek ÚO Brno byl ve sledovaném období zaznamenán jen nepatrný pokles, zatímco u HZS ÚO Ostrava došlo jako u jediné jednotky ke zvýšení podílu užití nucené ventilace, a to o 15 %. Značné rozdíly byly mezi jednotkami ve sledovaném období při

činnostech spojených s rozebíráním konstrukcí u požárů, kde jednotky HZS hl.m. Prahy zvýšily podíl těchto činností hned dvojnásobně, ÚO Ostrava o 45 % a ÚO Brno o 25 %. U jednotek HZS ÚO Plzeň naopak došlo k poklesu o 15 %. Relativní hodnoty činností s nejvyššími četnostmi užití při zásahu v roce 2009 jsou uvedeny v Obr. 36.



Pozn. RHP – užití ručních hasících přístrojů; JHP – užití jednoduchých hasebních prostředků

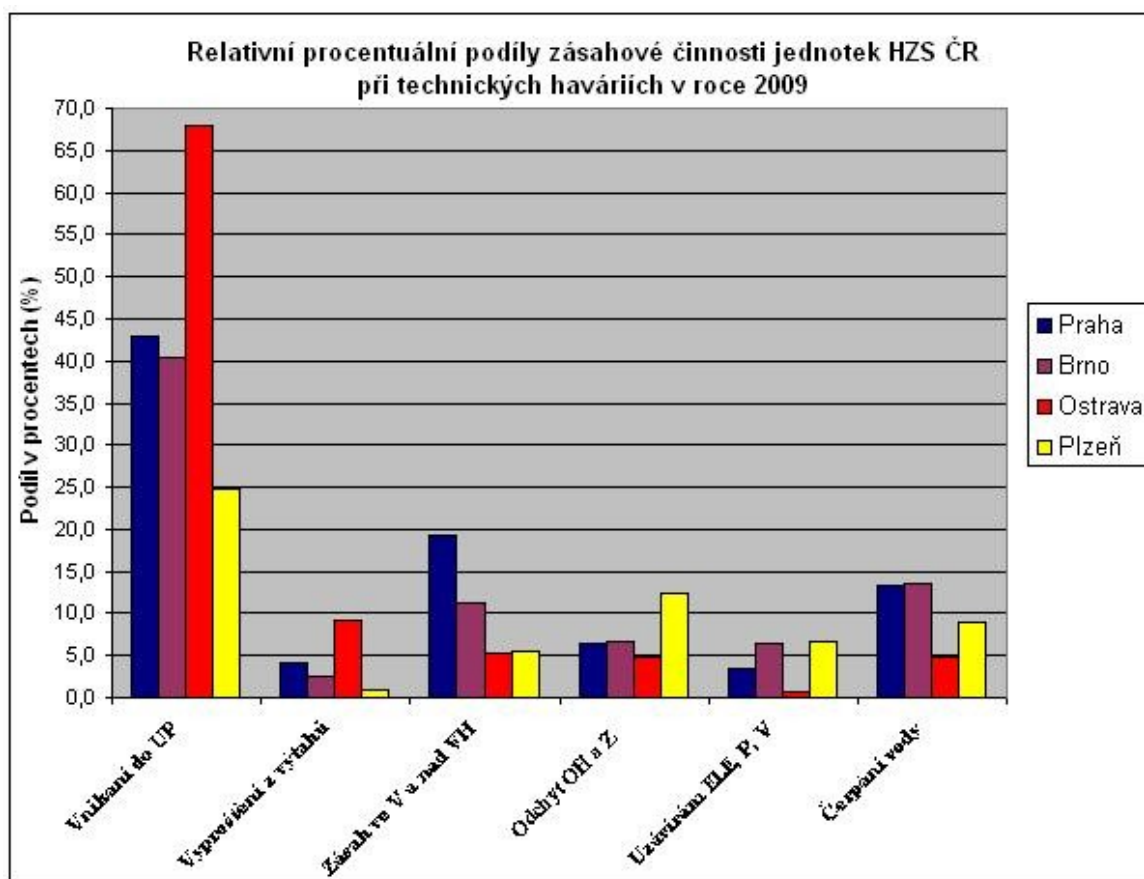
Obr. 36 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu požár

Další významnou skupinou činností prováděných jednotkami HZS ČR jsou činnosti u technických havárií. Jednoznačně dominantní činností je v této skupině vnikání do uzavřeného prostoru, které u HZS hl.m. Prahy a ÚO Brno představuje více jak 40 % podíl všech činností u technických havárií, u ÚO Plzeň je tato hodnota o něco nižší a odpovídá 25 % podílu. U jednotek ÚO Ostrava je dokonce tento druh činnosti prováděn takřka v 70 % všech technických zásahů, což odpovídá prakticky polovině všech zásahů jednotky při řešení MU. Takto vysoký procentuální podíl jediné činnosti jednotek ÚO Ostrava je v rámci HZS ČR opravdu výjimečný a je dokladem toho, že se dané jednotky orientují speciálně na konkrétní činnost, kterou uplatňují jako službu veřejnému sektoru. Dalšími nezanedbatelnými činnostmi z hlediska jejich četnosti při řešení technických havárií bylo čerpání vody, které dosahovalo procentuálního podílu v intervalu 6 – 14 % u jednotlivých jednotek a dále činnosti spojené se zásahy ve výšce a nad volnou hloubkou dosahující bez mála 20 % podílu u HZS hl.m. Prahy. U posledně zmiňované činnosti však byl značný rozptyl hodnot, jelikož ÚO Ostrava a Plzeň tyto činnosti prováděly jen v 5 % případů technických havárií.

Z hlediska změny podílů činností na celkovém počtu technických havárií v průběhu sledovaného období došlo k následujícímu. U HZS hl.m. Prahy vzrostl podíl

vstupování do uzavřených prostorů o 10 %, zásahy ve výšce a nad volnou hloubkou vzrostly 4x, likvidace obtížného hmyzu a odchytů zvířat klesly dvojnásobně a čerpání vody vzrostlo 2,5x. U HZS ÚO Brno zůstal podíl vstupování do uzavřených prostorů na stejné výši po celé období, zásahy ve výšce a nad volnou hloubkou vzrostly 2x, likvidace obtížného hmyzu a odchytů zvířat klesly také dvojnásobně a čerpání vody vzrostlo 2,5x. U HZS ÚO Ostrava vzrostl podíl vstupování do uzavřených prostorů o 17 %, podíl zásahů ve výšce a nad volnou hloubkou zůstal vyrovnaný v celém období, likvidace obtížného hmyzu a odchytů zvířat klesly 2,5x a čerpání vody vzrostlo o 20 %. U HZS ÚO Plzeň naopak klesl podíl vstupování do uzavřených prostorů o 25 %, zásahy ve výšce a nad volnou hloubkou jako u jediného sboru klesly, a to hned čtyřnásobně, likvidace obtížného hmyzu a odchytů zvířat vzrostly 2x a čerpání vody vzrostlo o 55 % oproti roku 1999.

Činnosti s nejvyššími hodnotami četnosti, resp. podílem na technických zásazích v roce 2009 jsou uvedeny v Obr. 37.



Pozn. UP – uzavřený prostor; V a VH – výška a volná hloubka; OH a Z – obtížný hmyz a zvířata; ELE,P,V – el.energie, plyn, voda

Obr. 37 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu technická havárie

Další analyzovanou skupinou byly činnosti spojené se zásahy při dopravních nehodách (dále jen „DN“), u kterých tvořilo odstraňování následků DN hlavní podíl v četnosti s hodnotami v intervalu 45 – 53 % pro všechny hodnocené sbory HZS krajů. Následovaly činnosti spojené s odstraňováním úniků NL – provozních kapalin vozidel,

kteře zaujímaly podíl od nejnižší hodnoty 28 % pro ÚO Plzeň až po 53 % z celkového počtu zásahů na DN u HZS hl.m. Prahy. Dále následovaly činnosti spojené s odstraňováním překážek u DN, jejichž četnost u těchto zásahů byla v intervalu od 15 % pro ÚO Plzeň až po cca 38 % u ÚO Ostrava. Dlouhodobě nejvyšší podíl předlékařských pomocí u DN vykazoval sbor HZS ÚO Plzeň, což koresponduje s tím, že tento sbor má největší podíl DN vzhledem k celkovému počtu výjezdů ze všech sledovaných jednotek.

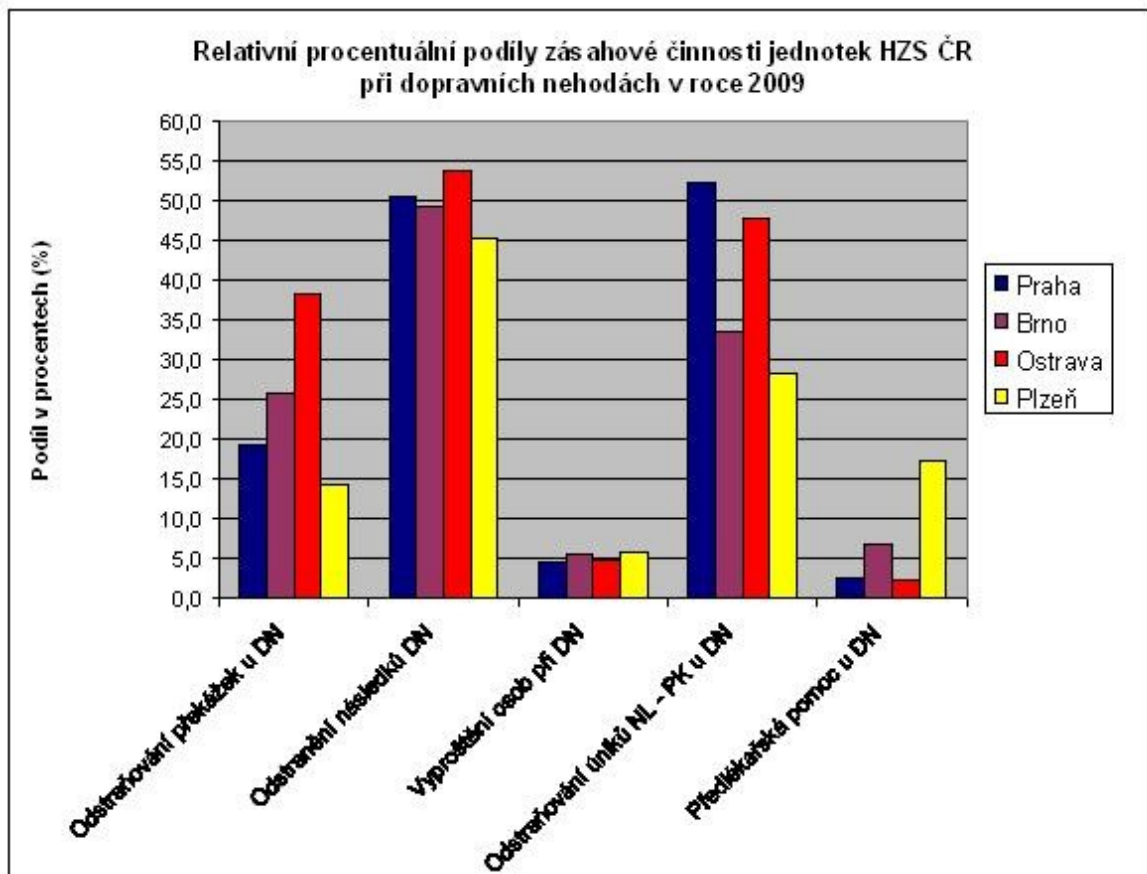
Časová tendence změn podílů jednotlivých činností u zásahu na DN ve sledovaném období byla pro jednotlivé sbory opět různorodá, i když určité všeobecné trendy bylo možno pozorovat u všech jednotek, jako např. pokles předlékařských pomocí poskytovaných při DN v intervalu od 35 % u HZS hl.m. Prahy až po dvojnásobek (100 %) u ÚO Brno. U jednotek ÚO Ostrava v průběhu let docházelo k navyšování podílu předlékařské pomoci až o 50 %, ovšem v roce 2009 došlo k dvojnásobnému poklesu podílu této činnosti. U vyprošťování osob z vozidel jako činnosti prováděné při DN byl pozorován dlouhodobý pokles jejího podílu u třech sborů - HZS hl.m. Prahy (pokles 2x), HZS ÚO Brno (pokles dokonce čtyřnásobný) a HZS ÚO Ostrava (v první polovině dekády pokles o 30 %, poté setrvalý stav). Jediný sbor s vyrovnaným podílem této činnosti v celém období byl HZS ÚO Plzeň. Všeobecný pokles podílu činnosti u DN byl pozorován také u odstranění následků DN, a to v intervalu od 10 % pro ÚO Plzeň až po 38 % u HZS hl.m. Prahy. Naopak, co se týče činnosti spojené s odstraňováním úniků NL – provozních kapalin vozidel, došlo ke zvýšení podílu této činnosti u třech sborů ze čtyř v intervalu od 45 % u ÚO Brno až po trojnásobek u ÚO Ostrava. Mírný pokles vykazoval u této činnosti jen sbor HZS hl.m. Prahy, a to cca 15 %. Činnosti jednotek s nejvyššími hodnotami četnosti, resp. podílem u zásahu na DN v roce 2009 jsou uvedeny na Obr. 38.

Další skupinou činností prováděných u zásahů jednotek HZS krajů, které byly podrobeny analýze, byly činnosti spojené se zásahy na nebezpečné látky (dále jen „NL“) chemického charakteru. Podíl zjišťování druhu NL u tohoto typu zásahů se pohyboval v intervalu od 8 do 12 % pro všechny analyzované sbory. Nejvyšší podíl u zásahu na NL měly činnosti spojené s jímáním, sběrem či ohraničením NL, a to u všech jednotek počínaje 14 % podílem u HZS hl.m. Prahy až po cca 31 % podíl HZS ÚO Plzeň. U činností spojených s neutralizací, izolací či separací NL byl pak značný rozptyl četnosti prováděných činností, kde měly nejvyšší podíl jednotky HZS hl.m. Prahy s 13 % a ÚO Plzeň s takřka 10 %, zatímco podíl u sborů ÚO Brno a Ostrava byl jen cca 3 %. Všeobecně nejnižší podíl z uvedených činností mělo přečerpávání NL, kde se četnost pohybovala v intervalu 2 až 5 % z celkového počtu zásahů na NL pro jednotlivé jednotky.

Časový průběh změn uvedených činností při zásahu na NL byl takový, že u HZS hl.m. Prahy, ÚO Ostrava a Plzně v průběhu dekády rostl podíl činnosti zjišťování druhu NL potřebnými technickými prostředky a dalšími pomůckami ve výbavě jednotek pro první dva jmenované sbory o 50 % a u Plzně dokonce 2,5 násobně. U jednotky ÚO Brno došlo naopak k poklesu této činnosti o 20 %. Kromě ÚO Ostrava, kde došlo v průběhu let k trojnásobnému poklesu podílu činností spojených s jímáním, sběrem a ohraničením NL u zásahu, došlo u zbylých jednotek k navýšení tohoto podílu, a to v intervalu od 18 % pro ÚO Brno až po 3,5 násobné navýšení u HZS hl.m. Prahy. Činnosti spojené s neutralizací, izolací a separací látek byly v průběhu období prakticky na stabilní úrovni, kromě ÚO Plzeň kde došlo k navýšení o 4,5 násobek

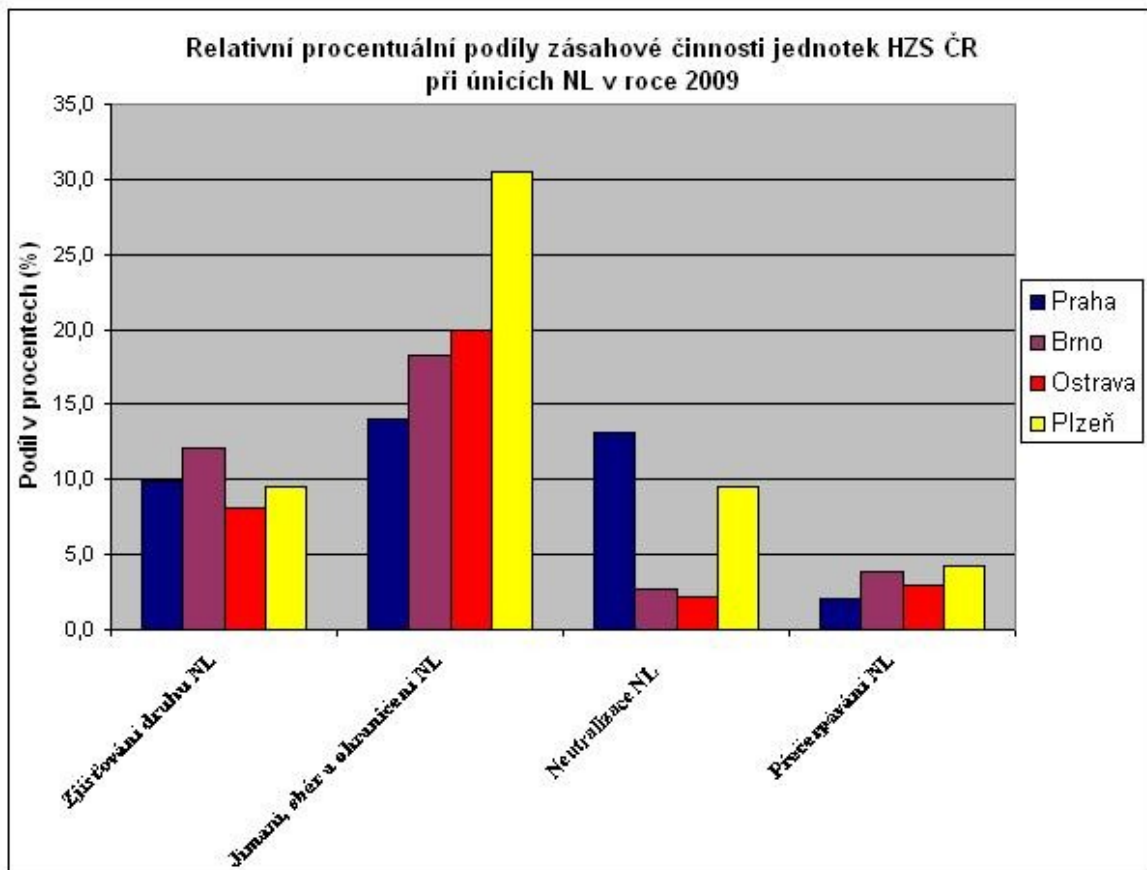
podílu z roku 1999. Co se týče činnosti přečerpávání NL lze konstatovat, že došlo v průběhu let k poklesu podílu těchto činností a to v průměru o 40 % u všech jednotek kromě ÚO Plzeň, kde byl tento podíl na stabilní výši.

Porovnání podílů činností jednotlivých sborů HZS krajů u zásahu na NL v roce 2009 uvádí Obr. 39



Pozn. DN – dopravní nehoda; NL – nebezpečná látka; PK – provozní kapaliny vozidel

Obr. 38 Podíly zásahových činností uvedených jednotek prováděných při MU typu DN



Obr. 39 Porovnání zásahových činností uvedených jednotek prováděných při zásazích na NL

Při vyhodnocení analýzy je třeba brát v potaz nejen změny v absolutním, potažmo relativním podílu počtu událostí (zásahů) související např. s modernizací a aplikací nových technologií a technických prostředků v požární ochraně, ale také změny a přirozený vývoj v kompetencích, resp. odpovědnosti organizací za uvedené činnosti při zásahu. Tak např. u DN byl pozorován pokles odstranění překážek (automobilů) a dalších následků těchto událostí u většiny sborů, a to díky přesunu většiny neakutních vyproštění havarovaných vozidel na pojišťovnami smluvené odtahové a asistenční služby, resp. správy a údržby silnic krajů nebo technické služby. Modernizace vozového parku a uplatňování moderních prvků aktivní a pasivní bezpečnosti ve vozidlech (tuhé a vysokopevnostní konstrukce karoserií vozidel, větší deformační zóny, airbagy atd.) má také vliv na snížení počtu vyprošťovacích prací, díky lépe odolným konstrukcím vozidel a vyšší ochraně osob v jejich vnitřním prostoru.

Na základě zjištěných podílů jednotlivých činností u zásahů uvedených „městských“ jednotek byly učiněny závěry v podobě návrhu změn, redukce či doplnění účelových TPPO (ve vztahu k vyhlášce [12]), včetně jejich optimalizace pro prvovýjezdovou požární techniku určenou poplachovým plánem pro zásah v hasebním obvodu, který představuje městská aglomerace. Je třeba konstatovat, že zásadnější změny v podílu zásahových činností jednotek PO v uvedených městech za poslední dekádu nenastaly.

5.4. Definování základních technických parametrů nástavby a optimalizace požárního příslušenství uvnitř automobilu

5.4.1. Základní parametry nástavby prvního modelu požárního automobilu

- Objem nádrže s vodou - optimalizace objemu nádrže je s přihlédnutím k množství vody, které musí být dopraveno v hadicích typu C 52 (dle normy ČSN 80 8711) k místu požáru v nejhorší variantě rozvinutí včetně kompenzace ztrát stanovena na 2000 l vody.
- Pevně zabudovaná nádrž na pěnídlo je řešena z hlediska velikosti dle vyhlášky [12].
- Požární čerpadlo je pevně zabudováno do zadní části nástavby vozidla snadno a bezpečně ovládáno obsluhou ze země.
- Minimální jmenovitý výkon zabudovaného čerpadla v nástavbě je 1500 l/min dle ČSN EN 1028-1.
- Čerpací zařízení vozidla je vybaveno vysokotlakou částí umožňující hašení tlakovou vodou z čerpadla se jmenovitým tlakem 4 MPa a s průtokem hasiva na konci hadice nejméně 150 l.min⁻¹. Tvarově stálá hadice o délce min. 60 m je připojena trvale na hadicový naviják (alternativně dva navijáky na každé straně nástavby) umístěný v zadní části nástavby.
- Osvětlovací stožár nebo obdobné osvětlovací zařízení s výkonem pro halogenový reflektor 2 x 1000 W.
- Vozidlo je v přední části vybaveno lanovým navijákem s tažnou silou nejméně 35 kN a délkou min. 30 m.
- Provedení účelové nástavby bude v souladu ustanoveními vyhlášky [12]. Maximálně využít výsuvné a otočné prvky pro uložení příslušenství v nástavbě. V nutných případech možnost, že nebude nutné každou položku vyjmout samostatně bez vyjmutí jiné, ovšem za předpokladu snadného přístupu ke všem takto provedeným položkám (využít přístupové stupně a plošiny).
- Optimalizovat umístění prostorově většího a hmotnostně těžšího požárního příslušenství do spodních částí nástavby tak, aby takto byla využita především přední část nástavby (vliv na těžiště) → snaha o rovnoměrné rozložení hmotnosti v nástavbě.
- Materiálové provedení nástavby – z hlediska životnosti, hospodárnosti a provozní spolehlivosti. Využít konstrukční materiál např. montované ALU profily, kompaktní ALU nástavba nebo sklolaminátová nástavba, popř. polypropylénová nástavba.
- Vnější provedení nástavby jako celku – nároky na aerodynamickou návaznost na kabinu, systém odpružení nástavby, kompaktnost, robustnost a účelovost signálního a barevného označení nástavby.

5.4.2. Výbava prvního modelu (CAS) požární příslušenstvím na základě průzkumu zásahových činností u jednotek HZS ČR

□ Základní požární příslušenství:

1. Cestářské koště, lopata – vždy po 2 ks na odstraňování následků DN,
2. Dalekohled pro průzkumnou činnost velitele zásahu,
3. Detekční přístroj hořlavých plynů a par,
4. Džberová stříkačka nebo obdobné jednoduché hasicí zařízení a kbelík 10 l na vodu,
5. Dýchací přístroj s min. zásobou vzduchu a v počtu daném dle vyhl. [12],
6. Náhradní tlakové láhve v počtu daném dle vyhl. [12],
7. Hadicový držák – min. 5 ks,
8. Trhací hák,
9. Ruční svítilny – 6 ks (dle počtu sedadel),
10. Vyprošťovací nůž (řezák) na řezání bezpečnostních pásů – 1 ks, bezpečnostní rozbíječ skla – 1 ks,
11. Oděvní doplněk – vesta z retroreflexního materiálu s nápisem hasiči v počtu o jeden ks nižším než je počet sedadel pro danou hm. třídu vozidla a 1 ks vesta stejných parametrů s nápisem velitel zásahu,
12. Dopravní kužel – 4 ks, dopravní kužel doplněný oranžovým signálním světlem – 1 ks,
13. Ploché páčidlo – v provedení malé a velké (2 ks),
14. Chirurgické jednorázové rukavice nesterilní – 1 balení (100 ks),
15. Rukavice proti tepelným rizikům do 600 °C,
16. Savička na pěnidlo,
17. Vytyčovací páska 100 m,
18. Záchranný kyslíkový přístroj,
19. Pákové kleště,
20. Ženijní nářadí – krumpáč, motykosekyra, požární bourací sekyra - vždy po 1 ks.

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu požár:

1. Izolované požární hadice typu C 52x20 m - 8 ks, umístěné v počtu dvou kusů ve čtyřech hadicových koších (přenosné kazety na hadice) pro rychlé rozvinutí vedení ve výškové budově až do 12. NP,
2. Izolované požární hadice typu D 25x20 m - min. 4 ks samostatně pro útočná vedení (spojené po dvou fixačním pásem, který lze vzít přes rameno),
3. Izolované požární hadice typu C 52x20 m - min. 4 ks samostatně pro dopravní nebo útočná vedení,
4. Izolované požární hadice typu B 75x20 m - 4 ks pro dopravní vedení,
5. Izolované požární hadice typu B 75x5 m - 2 ks pro doplňování vody do vodní nádrže CAS z vnějšího zdroje,
6. Kombinovaná proudnice C 52 pro plný i roztržštěný proud s volitelným průtokem cca od 110 do 450 l/min – 2 ks,

7. Nízkoprůtočné kombinované proudnice D 25 pro plný i roztržitý proud s volitelným průtokem cca od 20 do 150 l/min – 2 ks,
8. Pěnotvorná proudnice na střední a těžkou pěnu – po 1 ks, pěnotvorný nástavec na vysokotlakou proudnici – 1 ks,
9. Deflektor – vodní štít pro ochranu zasahujících a okolí při požáru,
10. Klíče k hadicovým spojkám a armaturám B/C, klíč k nadzemnímu hydrantu a klíč k podzemnímu hydrantu + potřebné přechody,
11. Armatury zajišťující připojení nebo propojení hadicových vedení - dopravního a útočeného (rozdělovač, přechody A/B, B/C, C/D atd.), resp. přívodního vedení (hydrantový nástavec aj.),
12. Hadicové objímky po 2 ks pro každý typ hadice,
13. Přenosný hasicí přístroj práškový s hasicí schopností 34A a zároveň 183B9 a CO2 s hasicí schopností 89B9 – po 2 ks,
14. Přetlakový ventilátor o min. jmenovitém výkonu min. 8000 m³/h,
15. Přístroj pro odhalování skrytých ohnisek požáru – termokamera či obdobné zařízení zjišťující dálkově teplotu.

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu technická havárie:

1. Sada v bedně - kufřík s páčícím nářadím (sada ručního nářadí a paklíčů na otvírání uzavřených prostor), kufřík s univerzálním ručním a elektrotechnickým nářadím,
2. Sada - hydraulický otvírač dveří s ruční pumpou,
3. Nízkoprůtažné lano s opláštěným jádrem typu A 30 m a A 60 m a průměrem min. 10 mm (2 ks, 1 ks),
4. Batoh s lezeckým vybavením pro skupinu dvou lezců (jen v případě lezecké skupiny),
5. Přenosný záchranný a zásahový žebřík pro tři osoby s dostupnou výškou min. 8 m nebo výsuvný žebřík s min. výškou 12 m,
6. Elektrocentrála 230/400V, min. 4,5 kW s krytím IP 44,
7. Přenosný osvětlovací systém autonomní s integrovaným stativem (popř. přenosný osvětlovací stožár se světlometem nebo přenosný osvětlovací balón),
8. Prodlužovací kabel 230 V na 50 m navijáku,
9. Pneumatické zvedací vaky (PZV) – sada 3 ks vysokotlakých PZV o nosnosti min. 10, 20 a 35 t včetně ovládacího příslušenství,
10. Sada na odchyt bodavého hmyzu (kukla, rukavice) a odchyt zvířat,
11. Elektrické kalové čerpadlo 230/400 V výtlačným z hrdlem C 52 a výkonem min. 2,5 kW,
12. Plovoucí čerpadlo s výkonem min. 3,5 kW a jmenovitým průtokem min. 800 l/min s výtlačným hrdlem C 52,
13. Průmyslový vysavač na jímání odpadní vody, oleje a hrubých nečistot,
14. Motorová kotoučová (rozbrušovací) pila o min. výkonu 3,7 kW, s měrným výkonem min. 0,35 kW/kg a kotoučem o průměru 250 mm s příslušenstvím,
15. Motorová řetězová pila o min. výkonu 2,7 kW, s měrným výkonem min. 0,5 kW/kg a délkou řetězové lišty 380 mm s příslušenstvím.

- Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu dopravní nehoda:
 1. Zachycovač airbagů řidiče pro opakované použití a zachycovač airbagů spolujezdce,
 2. Ochranný štít proti zranění od střepů z oken,
 3. Sada hydraulického vyprošťovacího nářadí (HVZ) – přenosná motorová jednotka pro současnou činnost dvou vyprošťovacích přístrojů o výkonu min. 2,0 kW a výkonu čerpadla min. 2,5 l/min při nízkotlakém režimu a min. 0,5 l/min při vysokotlakém režimu. Tlakové pracovní hadice pro propojení vyprošťovacího zařízení s pohonnou jednotkou HVZ – 2 ks 20 m, 1 ks 10 m. HVZ – rozpínací vyprošťovací nástroj s min. rozpínací silou 45 kN a min. rozpínací vzdáleností 600 mm dle normy ČSN EN 13204. HVZ – stříhací vyprošťovací nástroj s min. rozevřením 150 mm a se schopností stříhání dle normy ČSN EN 13204 (min. 400 kN). HVZ – přímočarý teleskopický nástroj s rozpínací silou min. 100 kN v základním stavu s velikostí min. 400 mm a s pracovním zdvihem min. 700 mm, přímočarý teleskopický nástroj v základním stavu s velikostí min. 500 mm a s pracovním zdvihem min. 300 mm. Ruční pohonná jednotka HVZ. Stříhací nástroj na pedály. Stabilizační podpěry, klíny a další stabilizační příslušenství (upínací popruhy s nosností min. 2 a 5 t, prahová podpěra pro hydraulický přímočarý teleskopický nástroj atd.),
 4. Ruční nástroj na řezání skel vozidla, nebo obdobný mechanický nástroj (akumulátorová šavllová pila),
 5. Sada ocelových lanových úvazků nebo obdobného textilní prostředky s min. nosností 30 kN spolu s třmenem a směrovou kladkou pro vyprošťování nebo tažení vozidel,
 6. Lékárnička typu III s rozšířeným vybavením proti popáleninám a resuscitační vak,
 7. Deky pro předlékařskou pomoc – min. 2 ks,
 8. Prostředek pro fixaci páteře zraněné sedící osoby ve vozidle – páteřová deska,
 9. Vakuové zdravotnické nosítka a dlahy,
 10. Transportní nosítka.
- Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu únik nebezpečných chemických látek:
 1. Nádoba na úkapy provozních kapalin vozidel, nádoby na použité sorpční prostředky,
 2. Sorpční prostředky pro ekologickou likvidaci ropných produktů v množství min. 30 kg a pro likvidaci chemikálií min. 20 kg nebo odpovídající objemové množství v litrech,
 3. Sorpční rohože na ropné produkty a chemikálie – min. 10 ks pro každý typ,
 4. Kanálová rychloupávka,
 5. Sada těsnících tmelů pro utěsnění výtoku kapalin z armatur a nádrží,

6. Databáze nebezpečných látek a základní informace o vlastnostech, chování a jejich likvidaci – registr NL nebo obdobný elektronický prostředek (např. INFODAT),
 7. Kufřík s měřicími přístroji (Ph metr, indikační lakmusové papírky, explozimetr kalibrován na metan, multidetektor pro paralelní měření koncentrace 4 plynů, osobní radiometr k určení zón s charakteristickým nebezpečím a záznamem přijaté dávky záření, harmonikový nasávač s průkazníkovými trubičkami pro odhalení chemických a bojových NL nebo obdobné elektronické zařízení),
 8. Plynotěsný protichemický oblek typu a v počtu dle vyhl. [12], včetně podvlékacího prádla,
 9. Sada pneumatických těsnících prostředků na potrubí – kužel a těsnící bandáž nebo 2 ks těsnící potrubní válec (průchozí).
- Požární příslušenství - TPPO pro další typy událostí:
1. Úniková maska pro případ požáru s účinnou dobou min. 15 min v počtu min. 6 ks,
 2. Suchý oblek (neoprén) do vody s teplým podvlékacím prádlem.

5.4.3. Základní parametry nastavby druhého modelu požárního automobilu

- Objem nádrže s vodou - optimalizace objemu nádrže je s přihlédnutím k množství vody, které musí být dopraveno v hadicích typu C 52 a D 25 k místu požáru stanovena na 1000 l vody pro nejhorší variantu rozvinutí a dobu hašení 10 min.
- Pevně zabudovaná nádrž na pěnídlo není řešena, v nastavbě bude umístěno max. poloviční množství pěnídla vyžadovaného vyhláškou [12] (cca 30 l) v barelu za účelem využití jako smáčedla vody.
- Požární čerpadlo je pevně zabudováno do zadní části nastavby vozidla. V případě použití požární motorové stříkačky jako pevně zabudovaného čerpadla zajistit takové umístění, aby mohlo být čerpadlo snadno a bezpečně ovládáno obsluhou ze země.
- Minimální jmenovitý výkon zabudovaného čerpadla v nastavbě je 1000 l/min dle ČSN EN 1028-1.
- Čerpací zařízení vozidla je vybaveno vysokotlakou částí umožňující hašení tlakovou vodou z čerpadla s jmenovitým tlakem min. 2 MPa a s průtokem hasiva na konci hadice nejméně 100 l.min⁻¹. Tvarově stálá hadice D 25 délky 60 m je připojena na hadicový naviják v zadní části nastavby.
- Osvětlovací stožár nebo obdobné osvětlovací zařízení s výkonem pro halogenový reflektor 2 x 500 W.
- Provedení účelové nastavby bude v souladu ustanoveními vyhlášky [12]. Maximálně využít výsuvné a otočné prvky pro uložení příslušenství

v nástavbě. V nutných případech možnost, že nebude nutné každou položku vyjmout samostatně bez vyjmutí jiné, ovšem za předpokladu snadného přístupu ke všem takto provedeným položkám (využít přístupové stupně a plošiny).

- Optimalizovat umístění prostorově většího a hmotnostně těžšího požárního příslušenství do spodních částí nástavby tak, aby takto byla využita především přední část nástavby (vliv na těžiště) → snaha o rovnoměrné rozložení hmotnosti v nástavbě.
- Materiálové provedení nástavby – z hlediska životnosti, hospodárnosti a provozní spolehlivosti. Využít konstrukční materiál montované ALU profily, kompaktní ALU nástavba nebo sklolaminátová nástavba, popř. polypropylénová nástavba.
- Vnější provedení nástavby jako celku – aerodynamická návaznost na kabinu, kvalitní systém odpružení nástavby od rámu podvozku, zajistit kompaktnost, robustnost spolu s účelovostí signálního a barevného označení nástavby.

5.4.4. Výbava druhého modelu (AS) požárním příslušenstvím na základě průzkumu zásahových činností u jednotek HZS ČR

□ Základní požární příslušenství:

1. Cestářské koště, lopata – vždy po 2 ks na odstraňování následků DN,
2. Dalekohled pro průzkumnou činnost velitele zásahu,
3. Detekční přístroj hořlavých plynů a par,
4. Dýchací přístroj s min. zásobou vzduchu a v počtu daném dle vyhl. [12],
5. Hadicový držák – min. 5 ks,
6. Trhací hák,
7. Ruční svítilny – 4 ks (pro osádku vozidla),
8. Vyprošťovací nůž (řezák) na řezání bezpečnostních pásů – 1 ks, bezpečnostní rozbíječ skla – 1 ks,
9. Oděvní doplněk – vesta z retroreflexního materiálu s nápisem hasiči v počtu o jeden ks nižším než je počet sedadel ve vozidle a 1 ks vesta stejných parametrů s nápisem velitel zásahu,
10. Dopravní kužel – 3 ks, dopravní kužel doplněný oranžovým signálním světlem – 1 ks,
11. Ploché páčidlo – v provedení malé a velké (2 ks),
12. Chirurgické jednorázové rukavice nesterilní – 1 balení (100 ks),
13. Rukavice proti tepelným rizikům do 600 °C,
14. Příměšovač na pěnidlo,
15. Vytyčovací páska 100 m,
16. Záchranný kyslíkový přístroj,
17. Pákové kleště,
18. Ženíjní nářadí (krumpáč, motykosekyra, požární bourací sekyra) - vždy po 1 ks.

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu požár:

1. Izolované požární hadice typu C 52x20 m - 4 ks, umístěné v počtu dvou kusů ve dvou hadicových koších (přenosné kazety na hadice) pro rychlé rozvinutí vedení ve výškové budově až do 8. NP při spotřebě vody na zavodnění 220 l,
2. Izolované požární hadice typu C 52x20 m – min. 4 ks samostatně pro útočná, popř. dopravní vedení,
3. Izolované požární hadice typu D 25x20m – 4 ks, umístěné v počtu dvou kusů ve dvou hadicových koších pro rychlé rozvinutí vedení do nízké zástavby s úsporou hasební látky,
4. Izolované požární hadice typu D 25x20m – min. 2 ks samostatně pro útočná vedení, (spojené po dvou fix. pásem, který lze vzít přes rameno),
5. Izolované požární hadice typu B 75x20 m a 75x5 m – po 2 ks pro doplňování vody z vnějšího zdroje nebo posilové CAS,
6. Nízkoprůtočné kombinované proudnice D 25 pro plný i roztržštěný proud s volitelným průtokem cca od 20 do 150 l/min – 2 ks,
7. Kombinovaná proudnice C 52 pro plný i roztržštěný proud s volitelným průtokem cca od 110 do 450 l/min – 1 ks,
8. Pěnotvorná proudnice na těžkou pěnu – 1 ks, pěnotvorný nástavec na vysokotlakou proudnici – 1 ks,
9. Klíče k hadicovým spojkám a armaturám B/C, klíč k nadzemnímu hydrantu a klíč k podzemnímu hydrantu + potřebné přechody,
10. Armatury zajišťující připojení nebo propojení hadicových vedení - dopravního a útočeného (rozdělovač, přechody A/B, B/C, C/D atd.), resp. přívodního vedení (hydrantový nástavec aj.),
11. Hadicové objímky po 2 ks pro každý typ hadice,
12. Přenosný hasicí přístroj práškový s hasicí schopností 34A a zároveň 183B9 a CO₂ s hasicí schopností 89B9 – po 1 ks pro každý typ,
13. Přetlakový ventilátor o min. jmenovitém výkonu 8000 m³/h,
14. Úniková maska pro případ požáru s účinnou dobou min. 15 min v počtu 4 ks.

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu technická havárie:

1. Sada v bedně - kufřík s páčícím nářadím (sada ručního nářadí a paklíčů na otvírání uzavřených prostor), kufřík s univerzálním ručním a elektrotechnickým nářadím,
2. Nízkoprůtažné lano s opláštěným jádrem typu A 30 m a A 60 m a průměrem min. 10 mm (2 ks, 1 ks),
3. Pracovní polohovací pás – 2 ks,
4. Přenosný zásahový žebřík pro hasiče s dostupnou výškou min. 8 m,
5. Elektrocentrála 230 V, min. 2,5 KW s krytím IP 44,
6. Přenosný osvětlovací systém autonomní s integrovaným stativem,
7. Prodlužovací kabel 230 V á 50 m na navijáku,
8. Pneumatické zvedací vaky – sada 2 ks vysokotlakých PZV o nosnosti min. 10 t a 30 t s příslušenstvím (uvažovat jen v provedení technickém),

9. Elektrické kalové čerpadlo 230 V s výtlačným z hrdlem DIN 52, výkonem min. 1,3 kW (uvažovat jen v provedení technickém),
10. Motorová kotoučová (rozbrušovací) pila o min. výkonu 3,7 kW, s měrným výkonem min. 0,35 kW/kg a kotoučem o průměru 250 mm s příslušenstvím (uvažovat jen v případě, kdy další posilové vozidlo jednotky nebude v technickém provedení),
11. Motorová řetězová pila o min. výkonu 2,7 kW, s měrným výkonem min. 0,5 kW/kg a délkou řetězové lišty 380 mm s příslušenstvím (uvažovat jen v případě, kdy další posilové vozidlo jednotky nebude v technickém provedení).

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu dopravní nehoda:

1. Zachycovač airbagů řidiče pro opakované použití,
2. Ruční nástroj na řezání skel vozidla,
3. Ochranný štít proti zranění od střepů z oken,
4. Hydraulické vyprošťovací zařízení (HVZ) – přenosná motorová jednotka pro současnou činnost dvou vyprošťovacích přístrojů o výkonu min. 1,5 kW. Pracovní tlaková hadice s délkou 20 m pro propojení vyprošťovacího zařízení s pohonnou jednotkou HVZ. Kombinovaný vyprošťovací nástroj (stříhací a rozpínací) s min. rozpínací silou 30 kN a min. vzdáleností 300 mm, resp. min. rozevřením 200 mm a se schopností stříhání dle normy ČSN EN 13204. Ruční pohonná jednotka hydraulického vyprošťovacího zařízení. Stabilizační podpěry, klíny a další stabilizační příslušenství (zvážit možnost použít akumulátorové HVZ především díky úspoře místa a hmotnosti),
5. Lékárnička typu III s rozšířeným vybavením proti popáleninám a resuscitační vak,
6. Deky pro předlékařskou pomoc – 2 ks,
7. Vakuové dlahy a transportní nosítka.

□ Požární příslušenství - TPPO pro likvidaci událostí typu únik nebezpečných chemických látek:

1. Malá nádoba na úkapy provozních kapalin vozidel,
2. Univerzální sorpční prostředek pro ekologickou likvidaci ropných produktů – min. 30 kg nebo odpovídající objemové množství v l,
3. Sada těsnících tmelů pro utěsnění výtoku kapalin z armatur a nádrží,
4. Databáze nebezpečných látek a základní informace o vlastnostech, chování a jejich likvidaci – registr NL nebo obdobný elektronický prostředek (např. INFODAT),
5. Kufřík s měřicími přístroji (Ph metr, indikační lakmusové papírky, explozimetr kalibrovaný na metan, osobní radiometr k určení zón s charakteristickým nebezpečím a záznamem přijaté dávky záření, harmonikový nasávač s průkazníkovými trubičkami pro odhalení chemických a bojových NL),
6. Havarijní sorpční souprava na chemikálie – malá (uvažovat jen v provedení technickém),

7. Sada pneumatických těsnících vaků na potrubí – kužel, těsnící bandáž a těsnící potrubní válec (uvažovat jen v provedení technickém).

Tento výčet vybavení požárním příslušenstvím není samozřejmě konečný, jelikož definuje vybavení, které je nutné pro řešení a zvládnutí základních druhů MU běžného rozsahu v návaznosti na unifikovanou výbavu dle zmíněné vyhl. [12]. Je předpoklad, že každý sbor má určitá specifika a zvyklosti ve výbavě požární nástavby, což se odrazí v podobě změn ve vybavení konkrétní definované varianty CAS. U lehké varianty vozidla (AS, resp. RZA) do městské zástavby je nutno počítat s omezeným prostorem v nástavbě, který se může projevit nedostatkem místa pro výše vydefinovanou výbavu. Tato práce sice pro uvedené vozidlo nastínila možnou výbavu, ale doporučujícím řešením v budoucnu je pokračovat v hledání a optimalizaci vhodné skladby požárního příslušenství, které bude svým způsobem specifické (redukce prostorových a hmotnostních parametrů), odpovídající záměru využití vozidla v podmínkách HZS ČR a standardizaci jeho parametrů ve spolupráci s výrobcí požární techniky.

5.5. Srovnání modelů požárních automobilů do městské zástavby se zahraničními ekvivalenty včetně podmínek provozu

Určení základních požadavků a technicko-taktických parametrů pro dva vydefinované (imaginární) modely zásahových automobilů předurčených pro provoz v městské zástavbě na vytipovaných geografických a demografických lokalitách, které byly uvedeny v předchozích kapitolách jsou konečným teoretickým vyústěním řešené problematiky. Ta byla podrobně rozpracována na základě širokého spektra analýz, někdy i zdánlivě nesouvisejících, přesto však velmi platných při ověřování specifických provozních podmínek, resp. stanovování konkrétních a často nestandardních hodnot parametrů.

Nový druh zásahového požárního automobilu v podmínkách HZS ČR není žádnou novou kategorií v pravém slova smyslu, jelikož se v zásadě jedná jen o upravenou verzi konvenčně používaných vozidel. Ta byla získána optimalizací provozních podmínek v přímé návaznosti na požadované změny v technických parametrech. Přestože byla v první části disertační práce dokázána potřeba, účelnost a hospodárnost tohoto zásahového automobilu, tak ve vozidlových parcích HZS krajů by jste jen těžko hledali podobné reprezentanty. Tento trend je výsledkem poměrně značné konzervativnosti při výběru vozidel CAS pro jednotky PO předurčené pro zásahovou činnost v intravilánu velkých měst. V zahraničí je situace podstatně odlišná, o čemž svědčí i široká škála provozovaných zásahových automobilů určených jak pro rychlý zásah např. v historických částech městské aglomerace, tak pro plnohodnotnou zásahovou činnost v hustě osídlených lokalitách s problematickou dopravní dostupností díky specifické silniční infrastruktuře. Pro ilustraci jsou dále v textu uvedeny některé příklady v zahraničí poměrně rozšířených zásahových automobilů do městské zástavby.

5.5.1. Zahraniční ekvivalenty prvního modelu (CAS) zásahového automobilu do městské zástavby

V Itálii, která je známá svým tradičním kulturně-historickým dědictvím v podobě celé řady zachovalých antických a středověkých památek včetně celých částí měst, které patří na seznam celosvětového kulturního dědictví, je zajištění požární ochrany a rychlé odezvy v podobě dojezdových časů požárních automobilů prvořadou podmínkou. Italští hasiči („Vigili del Fuoco“) se při řešení MU v historických částech demograficky hustě osídlených měst, jako např. v Římě, Neapoli nebo Florencii musí vypořádávat kromě historické a památkově chráněné dopravní infrastruktury (typicky dané úzkými pozemními komunikacemi s malým poloměrem zatáček a křižovatek) také s intenzivním dopravním provozem, který je jeden z nejvyšších v EU (nejvyšší automobilizace obyvatelstva v rámci EU). Poměrně značnou část autoparku italských hasičů, a to nejen v uvedených městech tvoří menší, kompaktní CAS pod názvem „APS city“ („Auto Pompa Serbatoio urbano-cittadino“) obvykle na podvozku IVECO [28] o celkové hmotnosti 10 nebo 12 t, jak dokládá Obr. 40.

Tato normalizovaná vozidla slouží pro prvotní zásah v koncentrované městské a historické zástavbě, kde především menší celkové rozměry a krátký rozvor kol zajišťuje potřebnou manévrovatelnost a to i mezi vozidly v silničním provozu. Vozidla jsou určena pro osádku 1+5 (6 osob), výbava požárním příslušenstvím je volena pro jejich maximální univerzálnost, což jim umožňuje zasahovat až v 90 % případů a vodní nádrž je obvykle koncipována na objem mezi 1500 až 2000 l vody.



Obr. 40 Cisternová automobilová stříkačka APS city na podvozku Iveco-Magirus ve službách italských hasičů, [28, <http://www.iveco-magirus.de>]

V případě Německa, kde mají poměrně dobře propracovaný systém standardizace jednotlivých druhů požárních automobilů, jejichž výčet se s dobou a aktuálními potřebami sboru („Deutsches Feuerwehr“) narostl je zásahový požární automobil do městského provozu se specifickými prostorovými podmínkami zástavby charakterizován standardizovaným typem STL 10/6 („Staffellöschfahrzeug“), popř. typem HLF 10/10 („Hilfeleistungslöschgruppenfahrzeug“). Tato vozidla která jsou určena normou DIN 14 530 pro provoz na silničním typu podvozku o celkové hmotnosti do 10,5 tun. Uvedená norma také určuje základní, resp. minimální vybavení daného vozidla, které je předurčeno jako prvovýjezdové pro zajištění protipožárního zásahu a pro řešení malých, popř. středně velkých technických pomoci, což z vozidla tvoří samostatnou taktickou jednotku. Zatímco varianta vozidla STL 10/6 je obvykle koncipována s nádrží do 1200 l vody (může tak být v případě 7,5 t podvozku ekvivalentem i pro druhý model), tak vozidlo HLF 10/10 musí pojmout min. 1000 l vody včetně výbavy pro vyprošťování u dopravních nehod, což toto vozidlo značně přibližuje první variantě vydefinované touto prací (viz Obr. 41). Čerpací jednotka je v obou případech pevně namontována v nástavbě s jmenovitým výkonem min. 1000 l/min.



Obr. 41 Cisternová automobilová stříkačka LF 10/6 CL na podvozku MAN TGL 12.250 4x2 BL sloužící v německém Esslingenu, [<http://www.rosenbauer.com>]

Podobným standardním zásahovým vozidlem, které je v podmínkách francouzského hasičského sboru („Les Sapeurs-Pompiers“) normalizován normou NFS 61 525, je lehká CAS v městském provedení FTPL („Fourgon pompe-tonne léger“), primárně určená pro zásahy do hustě zastavěných lokalit měst, kde mohou mít těžší a prostorově větší zásahové automobily problémy s potřebnou rychlostí, průjezdností a dostupností. Obvykle se jedná o vozidla na silničních komerčních podvozcích o celkové hmotnosti do 12 tun. (viz Obr. 42). Požární nástavba uvnitř které je vodní nádrž v rozmezí od 1000 do 2000 l vody obsahuje čerpadlo o min.

jmenovitým výkonu 1500 l/min a požární vybavení zabezpečující objem práce pro osádku 6 osob při řešení základních typů MU.



Obr. 42 Cisternová automobilová stříkačka FPTL na šasi Renault Midlum 220/10 B sloužící např. v Lyonu, [[http:// www.camiva.com](http://www.camiva.com), <http://pompiersdurhone.e-monsite.com>]

5.5.2. Zahraniční ekvivalenty druhého modelu (AS, resp. RZA) zásahového automobilu do městské zástavby

Druhou skupinou mobilní požární techniky, kterou lze využít při zásahové činnosti jednotek PO ve specifických městských lokalitách (historické části měst, koncentrované sídelní aglomerace), prakticky znemožňujících běžným požárním automobilům dojet až k místu zásahu, jsou tzv. rychlá vozidla prvotní intervence, která jsou stavěna na šasi z lehké hmotnostní třídy požárních automobilů (do 7,5 t). Tyto požární automobily jsou stavěny buď na nejnižších hmotnostních řadách klasických nákladních podvozků formou skříňové nástavby nebo na dodávkových rámových podvozcích formou vestavby v karoserii, popř. i nástavby. Vozidla díky svým kompaktním parametrům dosahují výtečné říditelnosti, resp. ovladatelnosti v úzkých průjezdných profilech a při jízdě městskou zástavbou v hustém silničním provozu. Protože u těchto vozidel je už poměrně značným způsobem redukována vlastní nosnost i celkové rozměry podvozku, není možné z této varianty vytvořit plnohodnotnou CAS, jelikož ta musí splňovat min. podmínky na množství vody (vodní nádrž musí mít min. 1700 l). Obvykle jsou v této kategorii na trhu s mobilní požární technikou vozidla s vodní nádrží od 400 do 1000 l a přenosným čerpadlem, popř. pevně zabudovaným vodním čerpadlem, které však vyžaduje dostatečný výkon od hnacího agregátu prostřednictvím pomocného pohonu.

Vzhledem k velikosti automobilu a redukci hasiv je nutné přistoupit i k omezení výbavy TPPO a požárním příslušenstvím, aby nebylo vozidlo přetíženo. Z výše uvedených skutečností je jasné, že tato vozidla nemohou plně nahradit konvenční požární techniku na problémových lokalitách, jako je tomu v případě prvního modelu zásahového automobilu do městské zástavby (i zde je však nutná optimalizace podvozku, nástavby a vybavení). Nicméně tato vozidla, jak již napovídá i jejich název mohou zajistit adekvátní prvotní protipožární zásah, který je realizován sníženým počtem přepravovaných hasičů (kabiny koncipovány pro osádku 4 osob). Stejně tak mohou řešit technické pomoci a dopravní nehody malého rozsahu nebo zasahovat v prvopočátku větší MU do příjezdu posilových jednotek.

Na níže uvedených obrazech (viz. Obr. 43 až 45) je konkrétní požární technika pro rychlý zásah v městské zástavbě užívaná u některých hasičských sborů v rámci Evropy.



Obr. 43 Standardizovaný požární automobil TSF-W (Tragkraftspritzenfahrzeug) na šasi IVECO MAGIRUS Daily 70 C17 užívaný německými sbory, [<http://www.iveco-magirus.de>]



Obr. 44 Lehký městský požární automobil na podvozku Renault Mascott 160.65 ve výbavě polských hasičů z Varšavy, [<http://www.wawraszek.pl>, <http://warszawa-straz.kei.pl/>]



Obr. 45 Standardizovaný požární automobil VPI (véhicules de premières interventions) na šasi IVECO Daily ve službách francouzských hasičů v Marseille, [<http://www.camiva.com>, <http://www.marinspompiersdemarseille.com>]

6. DYNAMICKÉ ZKOUŠKY - VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VYBRANÝCH POŽÁRNÍCH AUTOMOBILŮ

Dle faktů ověřených v první části této práce, hraje dynamika jízdy požárních automobilů významnou roli při vlastní jízdě a dojezdu jednotek PO k místům zásahu v městských aglomeracích, a tím podstatně určuje jejich dobu dojezdu. Aby byl posouzen vliv jednotlivých parametrů a nastavení šasi, resp. nástavby na dynamiku jízdy požárního automobilu v intravilánu města, bylo provedeno jejich praktické ověření jízdními zkouškami. Uvedené zkoušky byly vyspecifikovány zpracovatelem disertační práce na základě jednání s níže uvedenými subjekty, účastníci se realizace měření dle zkušebních metodik [34] a v souladu s teorií [35]. Pro měření bylo vytipováno devět zásahových vozidel, většina z nich byla ve službách HZS ČR předurčena jako prvovýjezdová požární technika pro provoz v městských aglomeracích. Jednalo se o dva reprezentanty z lehké, pět vozidel ze střední a dva z těžké hmotnostní třídy požárních vozidel dle lit. [11]. Cílem bylo provést u každého reprezentanta sedm různě orientovaných měření, na jejichž základě bylo konkrétnímu vozidlu naměřeno patnáct veličin, pomocí nichž se hodnotil výsledek vozidla u zkoušek. Porovnáním naměřených výsledků požárních automobilů (bodové hodnocení, max. počet bodů pro jednotlivou zkoušku se rovnal celkovému počtu vozidel, tedy max. = 9, min. = 1) bylo určeno pořadí, které objektivně určovalo jejich vhodnost pro zásahovou činnost v koncentrované městské zástavbě. Požární automobily podrobené měření jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tab. 16), ve formátu dle ŘSS HZS ČR (pouze první část určující druh požárního automobilu a hlavní výkonový parametr) spolu s definicí tovární značky a typu šasi, resp. podvozku. Kompletní technická specifikace vozidel podrobených měření je uvedena v Příloze A, Tab. A.1.

Tab. 16 Požární automobily podrobené dynamickým zkouškám

Číslo	Vozidlo
1	TA (CAS) Renault Mascott 160.65 4x2
2	CAS 15/2000/120 - MB Atego 1426 F 4x4
3	CAS 24/2000/200 - MB Atego 1328 F 4x2
4	CAS 24/2500/250 - Renault Midlum 270.14/15 4x2
5	CAS 24/3000/200 - MAN TGM 15.280 4x2 BL
6	CAS 24/1800/200 - Dennis Rapier 4x2
7	CAS 20/3400/210 - Tatra 815 4x4.2 Terno
8	CAS 24/3200/400 - Scania P 340 LB 4x2 HHZ
9	RZA (CAS) KLF 1000 - MB Sprinter 416 CDi 35

Pozn. číslo vozidla odpovídá pořadovému číslu při měření jednotlivých jízdních testů

6.1. Měřicí systém

Většina měření byla realizována měřicím vybavením výzkumného týmu Ústavu automobilního a dopravního inženýrství (ÚADI) VUT Brno, který se spolu s Technickým ústavem požární ochrany (TUPO) a zpracovatelem této práce podílel na vlastním měření probíhajícím na letištní ploše v Havlíčkově Brodě ve dnech 1. - 2. 11. 2010. Každé z měřených vozidel došlo na místo po vlastní ose a mělo dva vlastní řidiče (strojníky), kteří měli dostatečné praktické, jízdní zkušenosti s daným typem vozidla. Před započítím každé zkoušky byl konkrétnímu řidiči detailně popsán její průběh a uvedeny požadavky, které na něj byly kladeny v rámci jízdních manévřů. Jednotlivá vozidla byla osazena snímači měřicími potřebné veličiny vyplývající z konkrétního účelu zkoušek.

Jednalo se o tato zařízení:

- **Senzory zrychlení ADXL 105**, tři senzory snímající zrychlení ve směru tří navzájem kolmých os. Technické parametry snímače jsou uvedeny v Příloze A, Tab. A.2.
- **Snímač úhlové rychlosti Murata ENF-05D-52**, jehož technické parametry jsou uvedeny v Tab. A.3 Přílohy A.
- **Optický snímač Correvit S-400** měří podélnou a boční rychlost, resp. úhel směrové úchylky. Technické parametry snímače jsou v Tab. A.4 Přílohy A.
- **MicroSAT R20** – GPS monitorovací systém vozidla pro přesné měření rychlosti a polohy (trajektorie). Parametry tohoto snímače jsou v Tab. A.5 Přílohy A.

Rychlost vozidla byla měřena senzorem GPS a optickým snímačem Correvit. Pro určení rychlosti vozidla pomocí snímače Correvit byl použit signál velikosti vektoru rychlosti (nikoliv složky rychlosti v podélném směru vozidla). Veličiny: podélná, příčná rychlost a úhel směrové úchylky byly měřeny pomocí optického snímače rychlosti v bodě vozidla, kde byl snímač umístěn (přesněji na vozovce pod snímačem).

Zrychlení byla měřena v místě umístění snímačů (kabina). Pro vzájemné porovnání vozidel je vhodné porovnávat zrychlení v těžišti vozu. Vzhledem k tomu, že snímače nebyly umístěny v tomto bodě, bylo nutné provést korekci polohy s využitím úhlů stáčení, klonění, klopení a jejich 1. a 2. derivace. Boční zrychlení je složka vektoru zrychlení definovaného bodu vozidla ve směru jeho osy y pevně spojené s vozidlem (naklání se s vozidlem nebo kabinou). Jedná se o složku zrychlení, která je měřena snímačem zrychlení. Příčné zrychlení je možné získat z bočního zrychlení jeho korekcí pomocí úhlů klonění a klopení. Vzhledem k tomu, že tyto úhly nebyly měřeny, korekce nebyla provedena. Úhlová rychlost stáčení byla měřena pomocí snímače instalovaného v kabině vozidla.

Pro vzájemné srovnání různých vozidel a pro zpracování měření byla určena příčná rychlost a úhel směrové úchylky v těžišti vozu transformací měřených signálů z optického čidla s využitím stáčivé rychlosti a polohy snímače vůči těžišti. Vzhledem k tomu, že nebyly provedeny korekce signálu stáčivé rychlosti a rovněž dalších veličin využitých při transformaci, mohou být tyto veličiny zatíženy chybou (např. offsetem, přesností určení těžiště atd.). Proto je nutné považovat tyto transformované veličiny jen jako orientační.

Trajektorie vozidla byla měřena senzorem GPS. Měřené veličiny latitude, longitude a attitude byly použity pro transformaci polohy senzoru do lokálního tangenciálního souřadného systému země umístěného v místě obvyklého začátku jízdní zkoušky.

Poloha snímačů byla jednoznačně definována pro každé vozidlo. Snímače zrychlení ADXL 105 a stáčivé rychlosti Murata ENF-05D-52 byly sdruženy do zařízení MBOX umístěného v kabině (přepočet veličin do těžiště vozidla). Přístroj MBOX sám o sobě umožňuje měřit dostatek parametrů, aby mohl být posléze rekonstruován komplexní pohyb vozidla, tj. nejenom jeho relativní poloha, rychlost a zrychlení v závislosti na čase, ale také úhly klopení a klonění aj.

Poloha snímače Correvit byla dána vůči vozidlu přesnými souřadnicemi x a y . Všechny souřadnice byly vyjádřeny vzhledem k souřadnému systému VR. Souřadný systém VR je pravotočivý souřadný systém pevně spojený s vozidlem a počátkem umístěným na povrchu vozovky ve středu zadní nápravy. Osa x směřuje dopředu, osa y vlevo ve směru levice řidiče a osa z svisle nahoru.

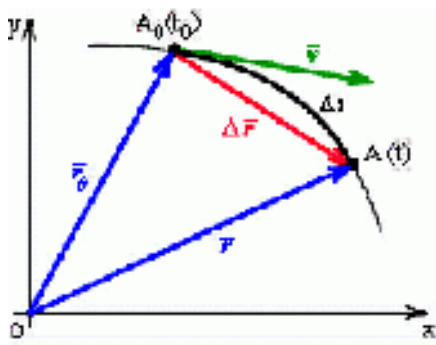
Měřené signály byly snímány se vzorkovací frekvencí 20 Hz. Signály označené písmeny FF jsou signály, které vznikly z originálních měřených signálů filtrací s využitím FFT filtru s šířkou propustného pásma 0 – 5 Hz. Signály označené na konci písmenem N jsou signály, které vznikly z originálních měřených signálů vyhlazení klouzavým průměrem N po sobě jdoucích hodnot. Při jednotlivých zkouškách byly signály zapisovány do jednotky CompactRIO-9014 (výrobce National Instruments), který je univerzálním, programovatelným, měřicím a řídicím kontrolérem. Základní programové vybavení v měřicí ústředně lze rozdělit na tři základní části. Pro samotný CompactRIO kontrolér je nutné vytvořit základní program pro zpracování časově kritických operací (řešeno pomocí programovatelného hradlového pole - FPGA) a následně program pro samotné zpracování, řízení a záznam dat. S ohledem na situace, kdy je nutné kompletně změnit nastavení měřicího řetězce (nové vozidlo), je vytvořena třetí aplikace, kde lze všechny změny nastavení měřicí ústředny provést. Každé nové nastavení je pak uloženo do vnitřní paměti kontroléru, který si jej při startu znovu načte. Všechny programy jsou vytvořeny v programovacím prostředí LabView. V zařízení CompactRIO byla data signálů uložena do paměti a po ukončení zkoušky následně exportována do datového formátu softwaru MATLAB. V tomto softwaru také po ukončení zkoušek proběhlo zpracování naměřených dat.

6.2. Popis měřených a vypočtených signálů

Při jízdních testech byla měřena a získávána celá řada kinematických veličin, z nichž většina sloužila jako pomocné prvky pro konečné vyjádření nejdůležitějších signálů (jízdních parametrů). V následujícím textu je pro přehlednost definována obecná teorie kinematiky, kterou lze najít např. v [42] v návaznosti na nejdůležitější skutečně naměřené veličiny.

6.2.1. Měření rychlostních veličin

Mechanickým pohybem se označuje takový pohyb, při kterém dochází ke změně polohy tělesa (trajektorie), popř. hmotného bodu (HB) vzhledem ke vztažné soustavě. Trajektorie může být přitom rovinná nebo prostorová geometrická čára.



Při pohybu se mění velikost i směr polohového vektoru r . Velikost, resp. poloha vektoru je dána jeho souřadnicemi v prostoru vůči počátku souřadnicového systému

$$|\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad , \quad (6)$$

zatímco směr je dán směrovými úhly. Pokud se HB při pohybu přesune za čas Δt z bodu A_0 do bodu A , změní se jeho polohový vektor o Δr .

První časovou derivaci polohového vektoru nazýváme okamžitá rychlost. Okamžitá rychlost v v čase t v bodě A je dána podílem.

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad ; \quad [v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{km} \cdot \text{h}^{-1} \quad (7)$$

Rychlost jako změna polohy za čas je vektorová veličina. V praxi však užíváme častěji průměrnou rychlost v_p - jako skalární veličinu, která je definována podílem dráhy Δs a doby Δt , za kterou HB tuto dráhu urazí.

$$v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (8)$$

Velikost okamžité rychlosti lze definovat také jako průměrnou rychlost na velmi malém úseku trajektorie pro velmi krátký časový interval, tedy jako elementární přírůstek dráhy pro dva po sobě jdoucí okamžiky (viz limita).

Limitním přechodem od průměrné rychlosti zavádíme (zpětně) rychlost okamžitou:

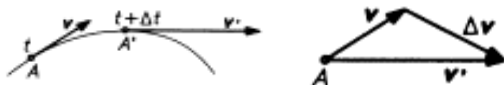
$$\vec{v} = \lim_{t_1 \rightarrow t_2} \frac{\vec{r}(t_1) - \vec{r}(t_2)}{t_1 - t_2} = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^3 \frac{dx^i(t)}{dt} \vec{e}_i = \frac{ds}{dt} \quad (9)$$

Naměřené veličiny:

- **x [m], y[m], z[m]** je poloha vozidla měřená snímačem GPS a transformovaná do lokálního tangencionálního souřadného systému země.
- **vGPS [km/h]** je rychlost měřena senzorem MicroSAT R20.
- **vGPSma9 [km/h]** je signál vGPS vyhlazený klouzavým průměrem devíti po sobě jdoucích hodnot.
- **vCorF [km/h], vyCorF [km/h], angleCorF [°]** jsou rychlost, příčná rychlost a úhel směrové úchylky měřené senzorem Correvit S-400. Znaménka signálů jsou kladná pokud příčná rychlost směřuje ve směru kladné osy y souřadného systému VR (ve směru řidičovi levice).
- **vxR [km/h], vyR [km/h], angleR [°]** jsou podélná rychlost, příčná rychlost a úhel směrové úchylky ve středu zadní nápravy vozu (v počátku souřadného systému VR). Znaménková formule je shodná s výše uvedenou.

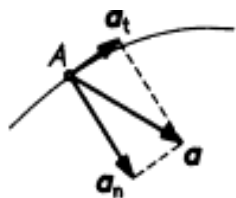
6.2.2. Měření veličin zrychlení

Velikost okamžitého zrychlení a je dána vztahem :



$$a = \frac{dv}{dt} ; [a] = \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (10)$$

Změny rychlosti charakterizuje vektorová veličina zrychlení a . První časovou derivací rychlosti nebo také druhou derivací dráhy s podle času t je vyjádřeno zrychlení. Má-li HB v bodě A a v čase t rychlost v a v bodě A' a čase $t + \Delta t$ rychlost v' , pak se rychlost změní o Δv . Okamžité zrychlení má směr změny vektoru rychlosti Δv . Průměrné zrychlení je zrychlení, které se určí jako podíl změny rychlosti Δv za daný časový interval Δt , tzn. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ (11)



Vektor okamžitého zrychlení \vec{a} je výhodné u křivočarého pohybu rozložit do dvou na sebe kolmých směrů (tečná a normálová složka). Vektor \vec{a}_t , který má směr tečny k trajektorii v daném bodě, se nazývá tečné zrychlení. Vektor \vec{a}_n , který má směr normály k trajektorii v daném bodě, se nazývá normálové (dostředné) zrychlení.

Velikost tečného zrychlení vyjadřuje změnu velikosti rychlosti (je-li $\vec{a}_t = 0$, pak jde o pohyb rovnoměrný) a velikost normálového zrychlení vyjadřuje změnu směru vektoru rychlosti. Je-li $\vec{a}_n = 0$, hmotný bod se pohybuje po přímce, tzn. jde o pohyb přímočarý.

Velikost vektoru okamžitého zrychlení je dána:

$$|\vec{a}| = a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \quad (12)$$

Vektor celkového zrychlení je roven vektorovému součtu obou zrychlení

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n, \quad (13)$$

resp. známe-li velikost tečného a normálového zrychlení, lze velikost celkového

zrychlení vypočítat z Pythagorovy věty $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$ (14)

Pokud dosadíme tečné a normálové zrychlení do obecné rovnice dostaneme tvar

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} \tau^0 + v \frac{d\tau}{dt} \quad (15)$$

kde τ^0 je jednotkový tečný vektor.

Po rozepsání na obě dvě složky zrychlení můžeme vyjádřit normálové zrychlení

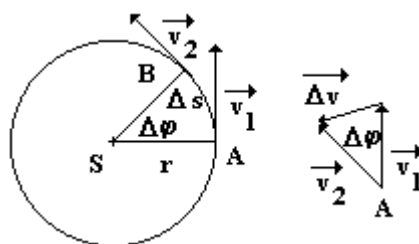
$$\text{jako} \quad a_n = \frac{v^2}{R} n^0 \quad (16)$$

přičemž R je poloměr křivosti a n^0 jednotkový vektor ve směru normály.

Naměřené veličiny:

- **aGPS [g], AxGPSma9 [g]** jsou zrychlení vozidla získaná derivací signálu vGPS. Signál je vyhlazen klouzavým průměrem devíti po sobě jdoucích měřených hodnot. Hodnota signálu v podélném směru je kladná při zrychlování vozidla. V příčném směru platí shodná znaménková konvence jako v případě měření rychlosti. Zrychlení (tíhové zrychlení) se v automobilové praxi nejčastěji užívá v násobcích veličiny tíhového zrychlení g . Jeho velikost je v našich zeměpisných šířkách $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, přičemž při vyhodnocení jsou touto charakteristickou hodnotou všechny výsledky poděleny (získ bezrozměrných veličin pro vynášení v grafu).
- **AyFF [g], AxFF [g]** jsou výsledné signály podélného a bočního zrychlení měřené snímači ADXL 105 a filtrované s využitím FFT filtru s šířkou propustného pásma 0 – 5 Hz. Opět platí znaménková konvence.

6.2.3. Měření úhlové (stáčivé) rychlosti



Jakékoli těleso, které nevykonává jen přímočarý pohyb (v praxi se s tímto pohybem setkáváme nejčastěji), je definováno svou trajektorií vyjádřenou drahou s a úhlovou dráhou φ , což je úhel, který urazí průvodič HB během pohybu.

U speciálního případu křivočarého pohybu, tzn. pohybu po kružnici definujeme

$$\varphi = \frac{s}{r} ; [\varphi] = \text{rad} \quad f(t) \quad (17)$$

kde úhlová dráha φ je funkcí času t jinou než lineární nebo kvadratickou, pro

přepočet na stupně (deg, °) platí : $\varphi = 2 \cdot \pi \text{ rad}$ (18)

Okamžitá úhlová rychlost ω je pak definována jako okamžitá rychlost průvodiče tělesa a je první derivací úhlové dráhy φ podle času t .

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} ; [\omega] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (19)$$

Průměrná úhlová rychlost ω se pak rovná podílu celkové úhlové dráhy φ a celkového času t . $\omega = \frac{\varphi}{t}$ (20)

Vztah mezi úhlovou rychlostí a obvodovou rychlostí je

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (21)$$

kde r je poloměr kružnice.

Budeme-li uvažovat speciální případ křivočarého pohybu – pohyb po kružnici, pak můžeme definovat dobu, která uplyne, než se hmotný bod vrátí do stejného místa na kružnici. Doba oběhu se nazývá perioda T . Za dobu T opíše HB na kružnici úhel $2\pi \text{ rad}$, proto platí

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ a } f = \frac{1}{T} ; [f] = \text{s}^{-1} (\text{Hz}) \quad (22)$$

Při rovnoměrném pohybu po kružnici se nemění velikost rychlosti, ale mění se směr. Změnu směru obvodové rychlosti v čase vyjadřuje dostředivé zrychlení a_d , jehož směr je do středu kružnice. Závisí na velikosti obvodové nebo úhlové rychlosti, a proto se během pohybu mění.

$$a_d = \omega^2 \cdot r \quad (23)$$

kde ω je okamžitá úhlová rychlost a r je poloměr kružnice nebo

$$a_d = \frac{v^2}{r} \quad (24)$$

kde v je okamžitá obvodová rychlost a r je poloměr kružnice.

Změnu úhlové rychlosti v čase vyjadřuje veličina úhlové zrychlení ε , která je rovna první derivaci úhlové rychlosti ω podle času t nebo druhé derivaci úhlové dráhy φ podle času t .

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} ; [\varepsilon] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-2} \quad (25)$$

Naměřené veličiny:

- **yawRate [deg/s]** je stáčivá (úhlová) rychlost vozidla měřená snímačem Murata ENF-05D-52. Znaménko signálu yawRate je kladné při zatáčení vozidla vlevo.

6.3. Systém vyhodnocení měření

Pro účely vyhodnocení a porovnání vlastností zásahových požárních automobilů typu CAS, byla na uživatelské úrovni stanovena kritéria (výběrové měřené veličiny) jednotlivých dynamických jízdních zkoušek.

Zkoušky dynamiky vozidel:

- 1. kritérium: max. rychlost,
- 2. kritérium: zrychlení na 100 m s pevným startem,
- 3. kritérium: zrychlení z 0 na rychlost 65 km/h,
- 4. kritérium: pružnost motoru.

Zkoušky směrové stability vozidel:

- 5. kritérium: max. zpomalení v přímém směru (nižší rychlost),
- 6. kritérium: max. zpomalení v přímém směru (vyšší rychlost),
- 7. kritérium: odchylka z přímého směru při brzdění (nižší rychlost),
- 8. kritérium: odchylka z přímého směru při brzdění (vyšší rychlost),
- 9. kritérium: max. zpomalení při brzdění v zatáčce,
- 10. kritérium: stáčivá rychlost při brzdění v zatáčce,
- 11. kritérium: max. stáčivá rychlost vozidla při losím testu.

Uživatelsky specifikované požadavky na vozidlo:

- 12. kritérium: obrysový průměr zatáčení vozidla,
- 13. kritérium: průměrné podélné max. zrychlení v definovaném úseku tratě jízdy zručnosti,
- 14. kritérium: průměrná rychlost v druhém definovaném úseku tratě jízdy zručnosti,
- 15. kritérium: poměr průměrné stáčivé rychlosti k průměrnému zrychlení vozidla v celém úseku jízdy zručnosti.

Vzhledem k množství naměřených dat a porovnávacích kritérií vozidel, není účelné pro přehlednost této práce prezentovat veškerá data z měření, proto budou prezentovány jen ta nejdůležitější data a závěry ve vztahu k záměru a cílům práce.

6.4. Zkoušky dynamiky požárních vozidel

Prvním souborem testů v rámci zkoušek bylo měření akceleračních vlastností a charakteristik pohonných jednotek vozidel. Na rovném úseku zkušební dráhy (Obr. 46) s minimálním převýšením byly provedeny zkoušky dle metodiky definované v ČSN EN 1846-2 [29] a metodiky TÚPO č. 03 – 05. Pro porovnání dynamiky zkoušených vozidel bylo rozhodující zjišťování času (zrychlení) automobilu s pevným startem na definované dráze o délce 100 m, resp. dosažení hranice rychlosti 65 km/h. Intervalové měření bylo vhodné i z hlediska zisku průměrných hodnot zrychlení, protože čím vozidlo jede rychleji, tím je zrychlení menší. Proto nemá smysl měřit max. zrychlení, které je vždy na začátku rozjezdu vozidla, tedy ve fázi, kdy dosažené zrychlení závisí více na technice rozjezdu vozidla řidičem, než na jeho parametrech. Vozidlo s nejnižším naměřeným časem, resp. s nejvyšším průměrným zrychlením na

obou úsecích tratě bylo hodnoceno jako nejlepší z hlediska dynamiky jízdy. Vzhledem k časovým možnostem zkoušek se prováděly u měření dynamických parametrů pouze dvě jízdy pro každý automobil s výslednou střední hodnotou z obou jízd. Směrodatná odchylka výsledných veličin, čili její statistická neurčitost při měření vozidel se pohybovala v intervalu od 0,02 s do 1,52 s, což představovalo variabilitu (chybu) měření v řádu 0,2 – 5,3 %. Kompletní tabulky naměřených hodnot ze třech akceleračních testů jsou uvedeny v Příloze A.



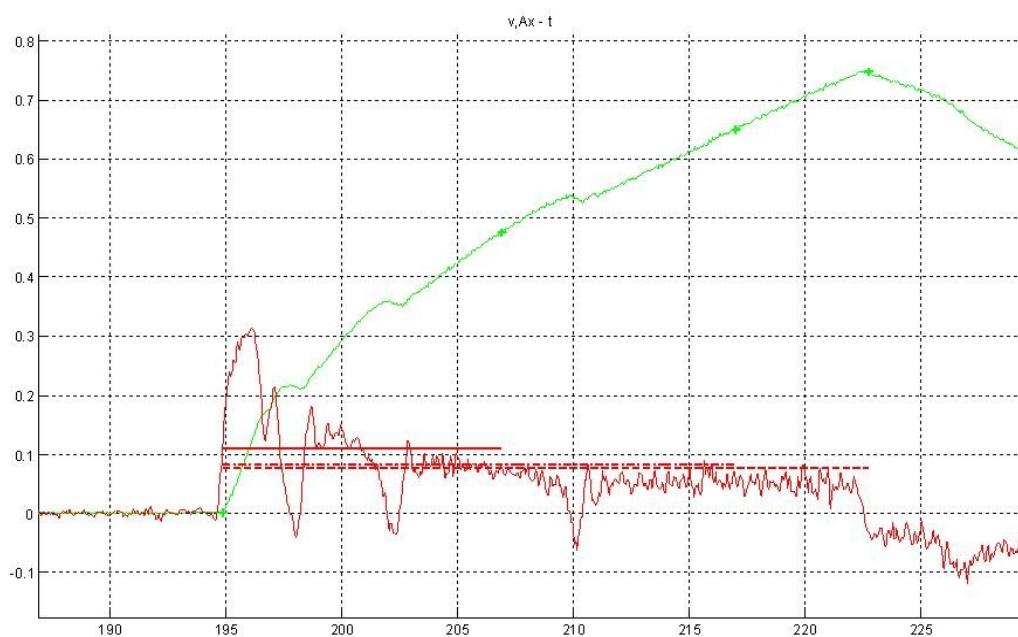
Obr. 46 Vyznačení místa měření dynamických testů vozidel (černý obdélník)

Níže uvedená tabulka (viz Tab. 17) obsahuje naměřené hodnoty při jízdním akceleračním testu v návaznosti na grafické vyznačení průběhu měřených veličin (Obr. 47). Všechna grafická znázornění uvedená v tomto vyhodnocení obsahují bezrozměrné veličiny (dělené charakteristickou hodnotou, viz Tab. A.6 v Příloze A).

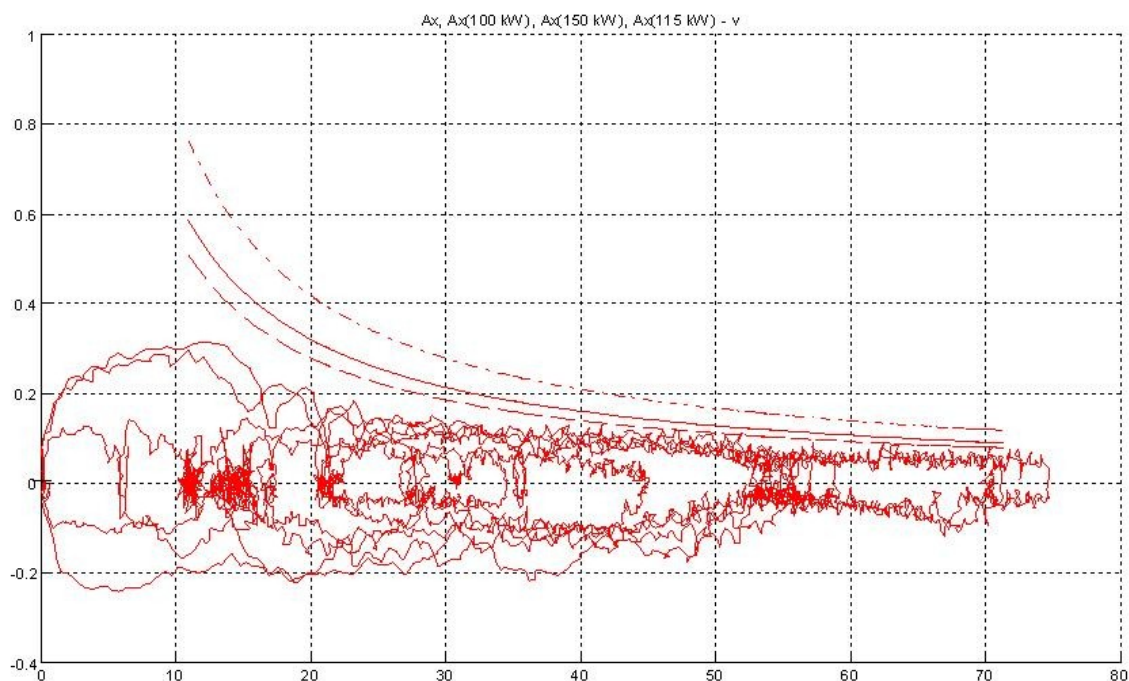
Tab. 17 Naměřené hodnoty při akceleračním testu u vozidla č.1

měřené veličiny	j.	hodnoty
t (100 m)	s	12,05
v (100 m)	km/h	47,57
Ax (0..100 m)	g	0,111
t (65 km/h)	s	22,15
d (65 km/h)	m	257,91
Ax (0..65 km/h)	g	0,083

Na Obr. 48, který zachycuje průběh zrychlení v závislosti na rychlosti vozidla je vidět trend změny zrychlení v čase na křivkách zrychlení odpovídajících konstantnímu výkonu ($P = 100 \text{ kW}$, $P = 150 \text{ kW}$ a $P = \text{max.}$ výkon motoru konkrétního vozidla). Porovnáním měřeného zrychlení s těmito křivkami je možné získat představu, kolik výkonu motoru zbývá na zrychlování vozidla po odečtení výkonu potřebného k překonání jízdních odporů. Čím dále je zachycený průběh zrychlení od křivky konstantního výkonu (daná hodnota výkonu motoru), tím více výkonu zbývá v daném okamžiku vozidlu pro vlastní zrychlení.



Obr. 47 Průběh akceleračního testu vozidla č.1 (v , A_x - t) s vyznačením veličin rychlosti (žlutě) a zrychlení v závislosti na čase (červeně)



Obr. 48 Průběh zrychlení vozidla závislosti na rychlosti v porovnání s křivkami zrychlení odpovídajícími konstantnímu výkonu, v tomto případě ($P = 100 \text{ kW}$, $P = 150 \text{ kW}$ a $P = 115 \text{ kW}$)

Zdrojem výkonu pro pohon silničního vozidla P_{SM} je vozidlový motor (SM), který je pro tento případ charakterizován krouticím momentem na výstupu hřídele M_{SM}

a otáčkami hřídele n_{SM} . Krouticí moment z motoru je na obvod hnacích kol přenášen pomocí převodných ústrojí (PÚ), která jsou charakterizovaná celkovým převodem převodných ústrojí $i_{PÚ}$ a účinnosti převodného ústrojí $\eta_{PÚ}$.

Hnací moment na kolech je dán:

$$M_K = M_{SM} \cdot i_{PÚ} \cdot \eta_{PÚ} ; [\text{Nm}] \quad (26)$$

hnací síla na kolech pak odpovídá:

$$F_{Ki} = \frac{M_{Ki}}{r} ; [\text{N}] \quad (27)$$

kde r je dynamický poloměr kola.

Celkovou hnací sílu na kolech vozidla F_K však ovlivňuje celá řada dalších sil a to jak v podélném směru (jízdní odpory) tak v svislém, radiálním směru (tíha vozidla, síly působící opačným směrem na nápravy). Výkon potřebný na krytí ztrát jízdních odporů je dán:

$$P_K = F_K \cdot v = m \cdot a \cdot v ; [\text{W}] \quad (28)$$

Vzájemný vztah mezi výkonem a točivým momentem je dán jednak graficky – vnější rychlostní charakteristikou a pak také vztahem $P = M \cdot n$, jehož v praxi častěji užívaná forma má tvar:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} ; [\text{kW}, \text{Nm}, \text{min}^{-1}] \quad (29)$$

Z výše uvedeného vyplývá, že výkon může růst i tehdy, pokud krouticí moment klesá, ale otáčky rostou. Maximální moment musí mít své maximum v nižších otáčkách než je maximum výkonu a platí i další pravidla. Např. pokud vedeme tečnu ke křivce výkonu z počátku souřadnic, dotkne se křivky právě v otáčkách maximálního krouticího momentu. Méně válcové motory nejsou schopny vlivem setrvačných hmot takových otáček jako motory víceválcové a i když mají dostatečný krouticí moment v nízkých otáčkách, nemohou mít srovnatelné výkony právě z důvodu provozu v nižších otáčkách, což bylo u některých vozidel pozorováno v rámci akceleračních zkoušek. Krouticí moment na hnací nápravě tedy závisí na aktuálním převodu. Výkon daný vzorcem (29) udává „jak často je daný moment k dispozici“, čili kolikrát za jednotku času máme hnací sílu. Čím vyšší rychlostní stupeň, tím nižší moment je dopravován na zadní kolo, u kterého stoupají otáčky. Při malém výkonu motoru není možné zaručit u vysokých otáček kola (odpovídající vysoké rychlosti) takový krouticí moment jako u motoru výkonného, a proto vlivem jízdních odporů klesá i rychlost vozidla a je nutné přejít na nižší rychlostní stupeň (neumožňující takové otáčky kol na hnací nápravě pro dosažení vyšší rychlosti). Lze tedy konstatovat (ne zcela doslova), že moment dává zrychlení a výkon určuje maximální rychlost vozidel.

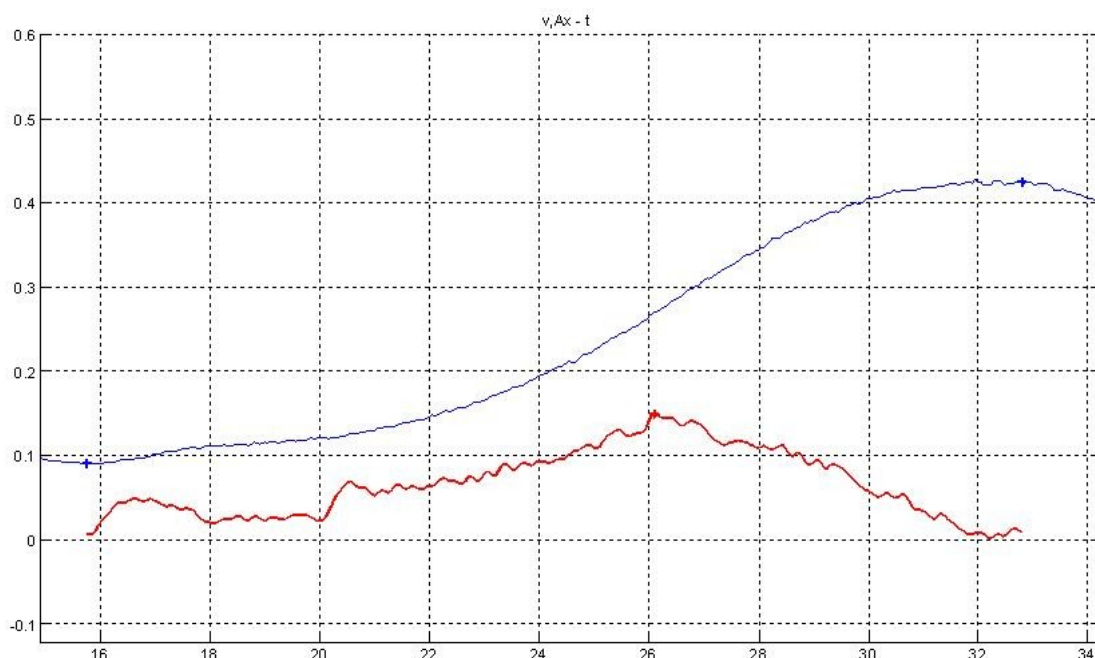
V návaznosti na uvedené skutečnosti bylo záměrem zkoušek provést test, při kterém bychom mohli posoudit informaci o pružnosti motoru, tedy poměru otáček při maximálním výkonu motoru a otáček při maximálním momentu, který lze vyčíst z momentové charakteristiky daného agregátu. Pružnost motoru (e_{Acc}) přitom vyjadřuje měřítko schopnosti motoru pracovat co nejdéle na stabilní větvi jeho momentové charakteristiky, tedy souvislost s volbou převodových stupňů a nutností často řadit pro

porovnání určité skupiny vozidel. Obecně lze říci, že vozidlo s větší pružností motoru může mít méně převodových stupňů a řidič nemusí tak často řadit. Vzhledem k tomu, že při měření nebyly měřeny otáčky motoru a jízdní odpory, nebylo možné stanovit průběh momentu motoru, který je nutný pro určení pružnosti. Z tvaru závislosti zrychlení na rychlosti vozidla je však možné udělat si přibližnou představu o pružnosti motoru. Jako kritérium pro posouzení pružnosti motoru tak posloužil poměr maximální rychlosti vozidla v_{max} na zvolený převodový stupeň (3. převodový stupeň pro všechna vozidla) a rychlosti, při níž bylo dosaženo maximálního zrychlení $v_{(Ax\ max)}$. Směrodatná odchylka veličiny e_{Acc} u všech vozidel, čili její statistická neurčitost se při měření pohybovala v intervalu od 0,008 až do 0,04. Chyba měření se tedy pohybovala řádově od 0,6 % až do 3,2 %. Pro vozidlo č. 1 nebylo možno určit hodnotu pružnosti motoru (kritéria), jelikož datovou chybou byl zkreslen výstup signálu z měřicích senzorů (zjištěno při vyhodnocování).

Tab. 18 obsahuje naměřené hodnoty v průběhu akceleračního testu při zařazeném 3. rychlostním stupni, které korespondují s naměřeným signálem dynamických veličin rychlosti a zrychlení (Obr. 49).

Tab. 18 Naměřené hodnoty při akceleračním testu na 3. převodový stupeň u vozidla č. 2

měřené veličiny	j.	hodnoty
v_0	km/h	9,00
v_{max}	km/h	42,41
$v_{(Ax\ max)}$	km/h	26,98
$Ax\ max$	g	0,149
e_{Acc}	1	1,572



Obr. 49 Průběh akceleračního testu na 3. převodový stupeň vozidla č.2 (v , Ax - t) s vyznačením veličin rychlosti (modře) a závislosti zrychlení na čase (červeně)

Výsledky akceleračních testů popisujících dynamiku zkoušených požárních automobilů jsou shrnuty do následující tabulky (Tab. 19).

Tab. 19 Dílčí pořadí a dosažené bodové hodnocení požárních automobilů z hlediska jejich dynamiky

Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Dosažená max. rychlost v_{\max} (km/h)	Čas t_{100} (s)	Čas t_{v65} (s)	Pružnost motoru e_{Acc} (1)	Pořadí	Bodové ohodnocení Σ
1	TA (CAS) Renault Mascott	119	12,05	21,91 (nesplnil normu ČSN EN 1846)	-	3.	21 *
2	CAS 15 MB Atego 1426 F 4x4	106	13,56	24,05	1,523	4.	20
3	CAS 24 MB Atego 1328 F 4x2	106	14,73	23,26	1,511	4.	20
4	CAS 24 Renault Midlum 270.14/15 4x2	103	13,61	26,11	1,358	8.	13
5	CAS 24 MAN TGM 15.280 4x2 BL	100	12,78	23,31	1,294	7.	17
6	CAS 24 Dennis Rapier 4x2	125	11,06	15,10	1,475	1.	33
7	CAS 20 Tatra 815 4x4.2 Terno	93	14,73	27,86	1,096	9.	6
8	CAS 24 Scania P 340 LB 4x2 HHZ	110	13,52	24,01	1,255	6.	18
9	RZA (CAS) MB Sprinter 416 CDi 35	124	11,32	15,21	1,619	1.	33

Pozn. * chybí hodnocení dle čtvrtého kritéria vlivem poškození dat. souboru ke zkoušce pružnosti motoru

6.4.1. Závěry z měření dynamiky vozidel využitelné v praxi

Vozidla z lehké hmotnostní třídy L s vysokým skutečným měrným hmotnostním výkonem 17,42 kW/t (Renault Mascott), resp. 26,75 kW/t (MB Sprinter) ukázala předními umístěními v pořadí akceleračních testů své

nesporné výhody z hlediska dynamiky jízdy vůči konvenčním vozidlům hmotnostní třídy M a S (potvrzení toho, co už bylo ověřeno v první části práce). Kromě fenomenální a již legendární výjimky v podání CAS 24 Dennis Rapier (druhý nejvyšší skutečný měrný hmotnostní výkon 20,66 kW/t) byl rozdíl v dynamice jízdy mezi jmenovanými skupinami vozidel poměrně znatelný. Vozidlo Dennis Rapier, provozně nejstarší vozidlo účastníci se zkoušek, disponovalo jako jediné plně automatickou převodovkou (Allison). Při porovnání průběhu zrychlení vzhledem ke křivkám konstantního výkonu, je patrné, že automatická převodovka umožnila uvedené CAS rovnoměrnější řazení převodových stupňů, což se projevilo na signálu (průběhu) rychlosti a zrychlení rovnoměrnějším a hlavně rychlejším nástupem po vlastním přeřazení, motor neztrácel otáčky a potřebný výkon udržoval víceméně stále blízko maximální (jmenovité) hodnotě, což mělo vliv na míru zrychlení. Dokonce i v porovnání výsledků automobilu Denis Rapier s lehkými požárními vozidly, které měly manuální převodovku, bylo patrné rovnoměrnější rozložení zrychlení, hlavně při řazení vyšších převodových stupňů. Znatelný byl rozdíl mezi dynamikou uvedeného vozidla a ostatními vozidly stejné třídy. Přesto, že MB Atego 1328 bylo vybaveno automatizovanou převodovkou, která na začátku akcelerace poměrně výrazně ztrácela vůči ostatním manuálům (např. MB Atego 1426), tak naopak v druhé části akcelerační dráhy se u tohoto vozidla naplno projevil vyšší výkon agregátu (třetí nejvyšší měrný výkon cca 20 kW/t) vůči ostatním konkurentům ve své hmotnostní třídě (měrné výkony od 14,5 do 16 kW/t). Dalším zjištěním bylo, že rozdíl v jízdní dynamice mezi třídou M a S už nebyl tak rapidní, což je vidět především z výsledků vozidla na šasi Scania P 340.

Co se týče pružnosti motoru, která má hlavní vliv na množství převodových stupňů v převodové skříně převodovky a tím častější nebo méně časté řazení při akceleraci, tak lze konstatovat, že vozidla s nižším počtem převodových stupňů mají obvykle lepší dynamiku. Řidiči těchto vozidel mohli totiž při akceleračních zkušebních jízdách využít delšího časového úseku (ke zvýšení otáček a dosažení vyššího výkonu motoru) před zařazením vyššího rychlostního stupně, kde dochází především u těžších vozidel k dočasnému snížení otáček a výkonu, což má jednoznačný vliv na rychlostní vlastnosti. Zatímco lehký požární automobil MB Sprinter disponoval plochou momentovou charakteristikou, která mu umožňovala provoz ve velkém rozsahu otáček, tak těžké CAS Scania a Tatra díky přídatným převodovkám, které rozdělují přenos hnací síly do 12 převodových stupňů, mají tvar momentové charakteristiky pilovitý s poměrně krátkým rozsahem otáček v daném stupni.

Dalším důležitým aspektem, který se projevil u akcelerace vozidla Renault Mascott, byla vyšší hmotnost neodpovídající výkonu hnacího agregátu, která způsobila, že průběh zrychlení byl po celou dobu jízdy pod hranicí konstantního výkonu 100 kW. Vozidlo se nebylo schopno dostat k maximu využitelného výkonu a tím pádem ani zrychlení, protože právě při konstantním výkonu na překonávání jízdních odporů je hodnota zrychlení při určité rychlosti nepřímo úměrná hmotnosti vozidla. Výsledkem toho bylo nesplnění času jízdy do dosažení hranice 65 km/h dle normové meze dané ČSN EN 1846-2 o takřka 2 s.

U lehkých požárních vozidel využitelných jako požární automobily do městské zástavby je tak nutností poskytnout ke kalkulované hmotnosti vozidla výkon na úrovni měrného hmotnostního výkonu 20 kW/t, aniž bychom rozlišovali, zdali se

bude jednat o variantu AS nebo RZA, která má tento požadavek přímo stanoven ve vyhlášce [12].

Ze zjištěných dat tedy vyplynulo, že uvedené souvislosti spojené s dynamikou jízdy vozidel se týkají hlavně továrního nastavení poháněcí soustavy. Neméně důležitými aspekty bylo sladění převodného ústrojí s vozidlovým motorem a také geometrických tvarů vozidla, které mají podstatný vliv na velikost jízdních odporů a aerodynamiku při jízdě. Je třeba uvést, že základem pro adekvátní dynamiku požárního automobilu, která splní účel předurčenosti vozidla do městské zástavby, je především dobré spojení motorového agregátu spolu s převodným ústrojím obsahujícím automatickou převodovku. Ta vede ke zlepšení dynamických vlastností požárních automobilů hmotnostní třídy M, ale i S při nižších rychlostech, protože při plynulém přeražení nedochází k poklesu otáček jako u manuální převodovky a motor tak může pracovat v oblasti momentové charakteristiky s vyššími otáčkami, tedy v oblasti maximálního výkonu, což kladně ovlivňuje akceleraci.

U střední hmotnostní třídy požárních vozidel předurčených pro zásahy v městské zástavbě je nutné navýšit min. měrný hmotnostní výkon z vyhláškou daných 11 kW/t na min. 15 kW/t za předpokladu použití automatické převodovky s malým počtem definovaných převodových stupňů zajišťujících potřebnou pružnost motoru.

6.5. Zkoušky směrové stability požárních automobilů

Druhou skupinou prováděných měření v rámci zkoušek byly jízdy, při nichž se zaznamenávaly a vyhodnocovaly parametry spojené se směrovou stabilitou podvozku, resp. vozidla jako takového. Pro požární automobil předurčený pro zásahy v intravilánu měst jsou důležité nejen jeho dynamické vlastnosti, které byly popsány výše, ale také vlastnosti spojené s říditelností, ovladatelností (manévrovatelností) a stabilitou vozidla při objíždění překážek na komunikacích a při průjezdu zatáčkami.

První jízdní zkouškou v této části měření vozidel byl test dynamické stability zjišťující max. zpomalení vozidla, resp. jeho brzdovou dráhu a výchylku trajektorie při nouzovém brzdění (maximální sešlápnutí brzdového pedálu) z přímého směru. Na rovném úseku zkušební dráhy (Obr. 46) s minimálním převýšením byly provedeny modifikované zkoušky dle metodiky definované v [29] a metodiky TÚPO č. 03 – 05. Modifikací uvedených metodik bylo měření účinnosti brzdového systému na základě zjišťování konstantního brzdného zrychlení (zpomalení) A_x (v_1 , v_2). V rámci zkoušek brzdného účinku (každé vozidlo absolvovalo dva testy při rychlosti 40 km/h a následně při 60 km/h) nebyla statisticky zjišťována nepřesnost měření (několikanásobné měření jedné zkoušky) z důvodu limitujících časových možností měření zkoušek. Pro zajištění referenčních podmínek tak bylo potřeba řidičům vozidel přesně definovat požadavky pro jízdní manévry. Při následné rekonstrukci brzdných signálů (vyhodnocení účinnosti brzdění, tedy sešlápnutí brzdového pedálu) byly ověřeny shodné podmínky pro hodnocení všech vozidel. Z uvedeného tedy vyplývá, že nejistota (chyba měření) u tohoto druhu testů se rovnala odchylce měřících senzorů, jejichž nepřesnost byla do 0,5 %, což je pro praxi zanedbatelná odchylka. Přesto, že bylo po

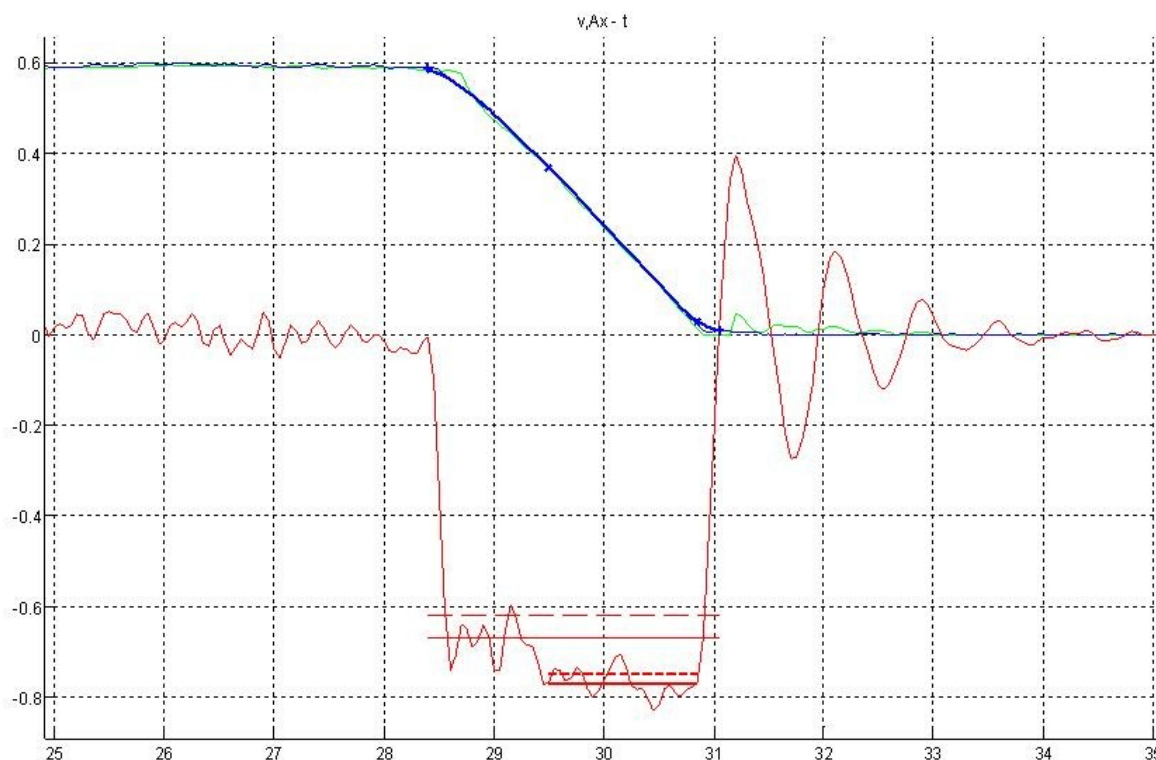
řidiči požadováno zahájit brzdění z požadované rychlosti (40 km/h, 60 km/h) byla tato rychlost dodržena jen s určitou tolerancí. Aby byly pro srovnání vozidel tyto nepřesnosti eliminovány, byl z brzdného manévru vybrán úsek, který nezačíná hned na odhadnutém začátku brzdění, ale od dosažení hraniční rychlosti v_1 , jež je nižší než požadovaná počáteční rychlost. Stejným způsobem byl určen konec tohoto úseku velmi nízkou hraniční rychlostí různou od nuly v_2 (větší jak 0), čímž se odstranila mimo jiné nepřesnost určení okamžiku zastavení vozidla. Tím se vymezil jednoznačně a pro všechna vozidla stejně měřený úsek, pro který byly vypočteny hodnoty pro následné srovnání. V daném intervalu pak byly zjišťovány průměrné hodnoty brzdného zpomalení *střední* A_x ($v_1.. v_2$) určená z měřeného signálu a *konst.* A_x ($v_1.. v_2$) odpovídající ujeté dráze v tomto úseku. Objektivnějším kritériem pro srovnávání jednotlivých reprezentantů se ukázala vypočtená veličina *konst.* A_x ($v_1.. v_2$), jelikož od této hodnoty byl odfiltrován průběh vertikálního pohybu kabiny (klopení) s měřicími snímači po začátku vlastního zabrzdění. Toto klopení, rozdílné vůči klopení podvozkové části vozidla bylo způsobeno vlastním odpružením kabin většiny vozidel.

Spolu s rychlostními veličinami při testu brzdné dráhy byla navíc měřena změna trajektorie (odchylka) vozidla z přímého směru, která byla odečítána po ukončení provozního (nouzového) brzdění od osy referenční linie (stopy), po které vozidlo v průběhu testu jelo osou pneumatiky levého předního kola. Vozidla tak byla hodnocena dalšími dvěma kritérii, a to odchylkou d_o trajektorie brzdění z přímého směru při rychlosti 40 km/h a následně při 60 km/h. Aby byl jízdní test objektivní z hlediska možných odchylek osy kola od osy linie, byly u testu přizváni pozorovatelé, kteří v jednotlivých částech dráhy kontrolovali směr jízdy po vodící linii. V případě vyosení kola vozidla ze stopy se test opakoval. Reálná odchylka byla při tomto měření stanovena hodnotou ± 50 mm.

V následující tabulce (Tab. 20) jsou uvedeny naměřené a vypočtené hodnoty při testu dynamické stability brzdné dráhy, které vycházejí ze záznamu signálu na Obr. 50.

Tab. 20 Naměřené hodnoty při testu brzdné dráhy při rychlosti 60 km/h u vozidla č. 4

měřené veličiny	j.	hodnoty
d (odhad)	m	22,05
d_o	cm	9,0
v_0	km/h	58,96
konst. A_x	g	-0,620
střední A_x	g	-0,671
v_1	km/h	57
v_2	km/h	3
$t(v_1..v_2)$	s	1,35
$d(v_1..v_2)$	m	7,15
konst. $A_x(v_1..v_2)$	g	-0,749
střední $A_x(v_1..v_2)$	g	-0,769



Obr. 50 Průběh testu brzdě dráhy s vyznačenými veličinami zpomalení (červeně) a rychlosti (modře, žlutě) na časové ose

Výsledky zkoušek dynamické stability brzdění v přímém směru jsou uvedeny níže v Tab. 21.

Tab. 21 Výsledky první části zkoušek směrové stability zahrnující brzdění v přímém směru

Vůz	Typ a výrobce požárního automobilu	Zpomalení při 40 km/h $A_x (v_1.. v_2)$ (g)	Zpomalení při 60 km/h $A_x (v_1.. v_2)$ (g)	d_o při 40 km/h (m)	d_o při 60 km/h (m)	Pořadí	Body Σ
1	TA (CAS) Renault Mascott	-0,512	-0,598	0,22	0,19	6.	11
2	CAS 15 MB Atego 4x4	-0,610	-0,698	0	0,28	2.	21
3	CAS 24 MB Atego 4x2	-0,665	-0,564	-0,24	-0,03	8.	17
4	CAS 24 Renault Midlum	-0,706	-0,651	-0,03	0,09	3.	30
5	CAS 24 MAN TGM	-0,613	-0,614	-0,17	-0,14	5.	16
6	CAS 24 Dennis Rap.	-0,651	-0,635	0,09	0,01	4.	25
7	CAS 20 Tatra 815 Terrno	-0,653	-0,533	0,10	> 1 m s kor.	9.	12
8	CAS 24 Scania P 340	-0,632	-0,587	0,03	0,02	7.	22
9	RZA MB Sprinter	-0,740	-0,701	-0,08	-0,23	1.	24

Pozn. kladná hodnota odchylky – vybočení vlevo ve směru jízdy; záporná hodnota – vybočení vpravo ve směru jízdy

Další zkouškou, kterou se vyhodnocovala kritéria směrové stability vybraných požárních automobilů, byl test brzdění v zatáčce. Od stabilního vozidla v zatáčce se očekává, že:

- účinně zabrzdí,
- nevybočí z kruhového směru (chtěného směru),
- nebude se otáčet kolem svislé osy,
- kola se budou odvalovat (ne smýkat).

Test sloužil k zjišťování nastavení stabilizačního účinku (přetáčivost, nedotáčivost) vozidla, resp. podvozku při brzdění v zatáčce, dále pak k zjištění brzdné dráhy, resp. brzdného zpomalení, tedy parametrů udávajících schopnost vozidel včas, rychle a bezpečně zabrzdit. Výsledné hodnoty ukázaly, zdali je vozidlo v silničním provozu při brzdění více stabilní, ale méně ovladatelné (nedotáčivé), nebo naopak spíše labilní, ale lépe říditelné (přetáčivé). Přetáčivost sice obecně zlepšuje říditelnost (manévrovatelnost) vozidla při průjezdu zatáčkami, považuje se však za méně bezpečnou charakteristiku díky možnému vzniku smyku (i vlivem kontra korekce směru) při jízdě po kruhové dráze. Proto se při továrním nastavení podvozku hledá kompromis mezi ovladatelností a říditelností vozů (obecně stabilitou).

Zkoušky byly provedeny a vyhodnoceny dle charakteristik uvedených v normě ISO 15037-1:2006(E), resp. ISO 7975 [30, 31]. Všechny podmínky definované v této normě však nebyly během zkoušky dodrženy, a to z důvodu omezené dispozice zpevněného povrchu zkušební dráhy (Obr. 46) pro jízdu a následný manévr brzdění v zatáčce o poloměru 40 m (skutečnost cca $R = 33$ m a najíždění do zatáčky bylo v nižší rychlosti, než uvádí norma). Byla respektována určitá míra zkreslení výsledků nedodržením normativních podmínek, což na objektivní porovnání reprezentantů nemělo vliv, jelikož všechny vozidla měla stejné nereferenční podmínky. Zkouška probíhala dvakrát pro každé vozidlo při rychlostech 35 km/h, resp. 40 km/h. Pro porovnání naměřených hodnot kritérií byla zvolena zkouška s vyšší rychlostí jízdy v zatáčce. Díky časové náročnosti zkoušek a množství vozidel (stejně jako v prvním segmentu zkoušek nebylo hodnoceno vozidlo MB Sprinter) nebyly provedeny opakované jízdy pro vyjádření míry neurčitosti (odchylky) naměřených a vypočtených hodnot. Nicméně při srovnání naměřených hodnot kritérií při různých úrovních počáteční rychlosti jízdy v zatáčce (při rozdílu rychlosti 5 km/h se difference výsledků zkoušky mění jen velmi málo) se vypočtená odchylka průměrného (konst.) zpomalení $maxDist$ pohybovala řádově od 0,005 do 0,036 g, což odpovídalo variabilitě výsledků 1,1 – 9 %. Co se týče výsledků poměru stáčivých rychlostí rYR_{tn} v čase tn a max. poměru stáčivých rychlostí rYR_{tmax} , tak jejich směrodatná odchylka se pohybovala v intervalu od 0,01 do 0,35 (variabilita výsledků od 1,6 % do 37 %), resp. od 0,03 do 0,433, což odpovídalo procentuální neurčitosti výsledků 3,3 – 24 %. Vysoká neurčitost některých výsledků (pouze 2 případy) byla dána nedodržením vstupních podmínek zkoušky, což byl čas nárůstu brzdného účinku, tedy *rise time* sešlápnutí pedálu. V případech, kde byl tento čas dodržen (max. 0,4 s), byla statistická chyba měření stanovena v řádech jednotek procent.

Ve vyhodnocení testu byly významné referenční časové údaje, a to čas okamžiku začátku brzdění t_0 (odhad stejně jako u testu dynamické stability), doba *rise time* nárůstu brzdného účinku, která by neměla být větší jak 0,4 s, čas konce brzdění t_f , který

byl určen jako okamžik, kdy podélné zrychlení poprvé dosáhlo nulové hodnoty a konečně čas t_n definován jako $t_0 + 1$ s, při kterém bylo prováděno v určitém malém časovém intervalu vyhodnocení jednotlivých veličin. Některé měřené veličiny vycházely z porovnání měřeného vozidla s referenčním, které při brzdění neopustí původní kruhovou dráhu (sleduje stále poloměr R a pohybuje se v každém okamžiku rychlostí stejnou jako měřené vozidlo).

Při brzdění v zatáčce se snímalo velké množství různých dynamických veličin (daleko více než u jiných testů), není však účelem zde jednotlivé měřené veličiny uvádět. Uváděny jsou jen ty, které byly v jednotlivých fázích zkušebních jízd stěžejní pro určení hodnot kritérií. Kompletní tabulky naměřených a vypočtených hodnot u testu brzdění v zatáčce jsou uvedeny v Příloze A.

1. Fáze testu:

Hodnoty, charakterizující ustálený stav během zatáčení před začátkem brzdného manévru. Jedná se o průměrné hodnoty během intervalu 1,3 až 0,3 s před t_0 :

- v_0 – rychlost během ustáleného zatáčení,
- $yawRate_0$ – stáčivá rychlost během ustáleného zatáčení,
- β_0 – úhel směrové úchylky těžiště,
- R_0 – poloměr zatáčení.

2. Fáze testu:

Hodnoty charakterizující manévr na základě průměrných hodnot z celého brzdného manévru, to je v intervalu od t_0 do t_f :

- $maxDist$ – průměrné (konstantní) zrychlení (zpomalení) určené z brzdné dráhy a počáteční rychlosti.

Hodnoty vyhodnoceny v intervalu t_0 až t_n :

- $maxTn$ – průměrné podélné zrychlení od t_0 až do t_n .

3. Fáze testu:

Charakteristické hodnoty, které jsou počítány jako průměrné hodnoty během intervalu od $t_n - 0,1$ s do $t_n + 0,1$ s:

- $yawRateTn$ – průměrná stáčivá rychlost v čase t_n ,
- $yawRateRefTn$ – průměrná referenční stáčivá rychlost v čase t_n ,
- $rYRTn$ – poměr průměrné stáčivé rychlosti v čase t_n a průměrné referenční stáčivé rychlosti v čase t_n ($yawRateTn / yawRateRefTn$),
- $dYRTn$ – difference stáčivé rychlosti a referenční stáčivé rychlosti v čase t_n ($yawRateTn - yawRateRefTn$),
- βTn – průměrný úhel směrové úchylky těžiště v čase t_n ,
- $d\beta Tn$ – difference mezi průměrným úhlem směrové úchylky těžiště v čase t_n a počáteční ustálenou hodnotou úhlu směrové úchylky ($\beta Tn - \beta_0$).

Celý test (kompletní časová návaznost jednotlivých fází testu):

Charakteristické hodnoty vztažené k okamžiku, kdy je dosaženo maximální hodnoty vyhodnocovaného signálu:

- *yawRateMax* – maximální hodnota stáčivé rychlosti,
- *yawRateRefTmax* – hodnota referenční stáčivé rychlosti dosažená ve stejný okamžik jako *yawRateMax*,
- *rYRtmax* – poměr *yawRateMax* / *yawRateRefTmax*,
- *dYRmax* – maximum rozdílu stáčivé rychlosti a referenční stáčivé rychlosti (obě veličiny jsou stanoveny vždy ve stejný časový okamžik),
- *betaMax* – maximální hodnota úhlu směrové úchylky těžiště.

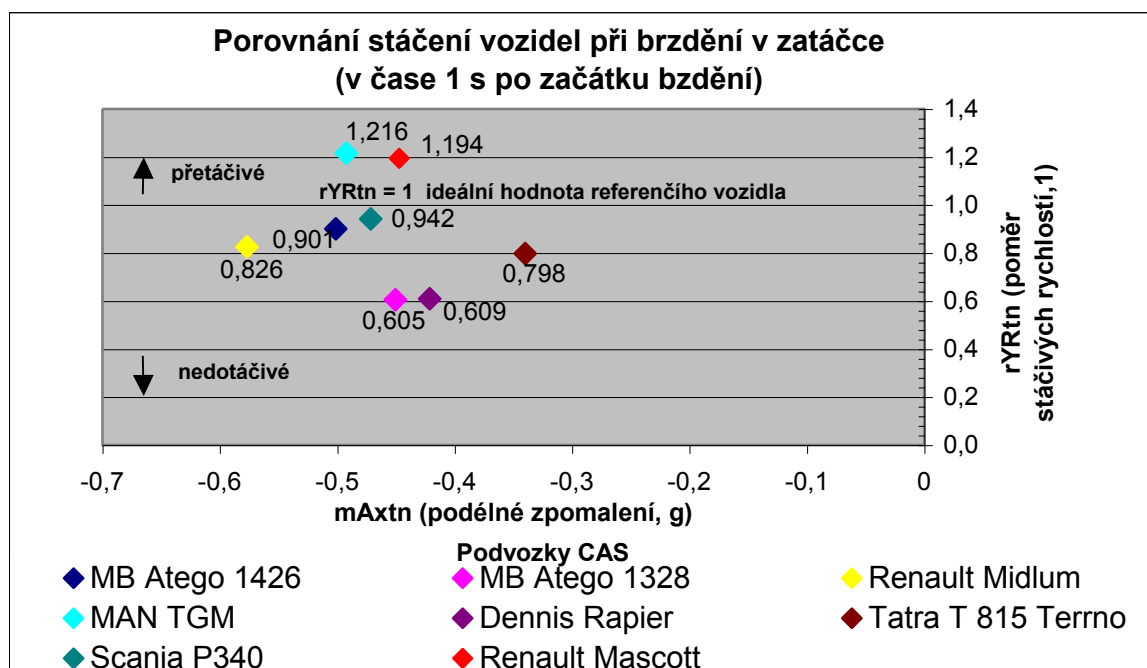
Pro porovnání hodnot podélného zrychlení (zpomalení) u měřených vozidel bylo vhodnější pracovat s vypočítanou veličinou *mAxDist* místo průměrné hodnoty měřeného podélného zrychlení *mAx*, kam se promítal vliv náklonu snímače spolu s kabinou, ve které byl snímač umístěn (snímač by musel být umístěn na rámu podvozku, což nebylo možno v rámci těchto zkoušek realizovat). Pro část brzdného manévru byly sestrojeny grafy, kde se pro jednotlivá vozidla na osu *x* vynesly hodnoty *mAxTn* a na osu *y* se postupně vynášely veličiny *rYRtn*, *dYRtn* a *dBetaTn*. Tím se získalo porovnání stáčení vozidla s referenčním vozidlem (pokud je *rYRtn* = 1, pak se měřené vozidlo stáčí rychlostí odpovídající pohybu referenčního vozidla po stále kruhové dráze). Zároveň vynesené hodnoty na ose *x* vypovídaly o intenzitě brzdění (brzdném účinku) vozidla. Následující tabulka (Tab. 22) uvádí ilustrativně naměřené a vypočtené hodnoty u vozidla č. 5 při testu brzdění v zatáčce.

Tab. 22 Naměřené a dypočítané hodnoty při testu brzdění v zatáčce z rychlosti 40 km/h pro vozidlo č. 5

měřené (vypočtené) veličiny	j.	hodnoty
riseTime	s	0,55
vEff	km/h	39,257
R0	m	-34,096
beta0	deg	0,825
v0	km/h	40,579
yawRate0	deg/s	-18,942
mAxDist	g	-0,455
mAxTn	g	-0,492
yawRateTn	deg/s	-14,242
yawRateRefTn	deg/s	-11,712
rYRtn	1	1,216
yawRateMax	deg/s	-19,838
yawRateRefTmax	deg/s	-16,297
rYRtmax	1	1,217
dYRtn	deg/s	-2,530
dYRmax	deg/s	3,839
betaMax	deg	-49,620
betaTn	deg	0,233
dBetaTn	deg	-0,593

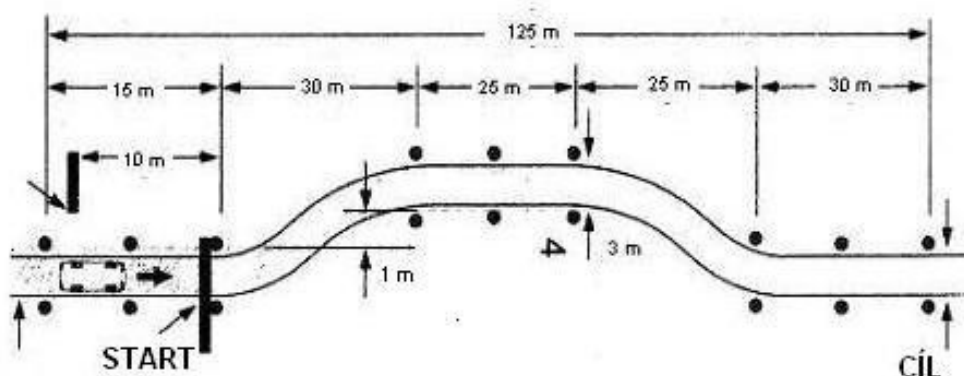
Pozn. tučně vyznačené veličiny byly užity jako hodnotící kritéria požárních automobilů

Výsledky jízdního testu brzdění v zatáčce jsou uvedeny v následujícím grafu (Obr. 51), který vyjadřuje nejenom intenzitu brzdění vozidel, ale i míru ovladatelnosti vůči vlastní optimální variantě referenčního vozidla.



Obr. 51 Porovnání poměru stáčivých rychlostí (měřeného a referenčního vozidla) v čase 1 s po začátku brzdění v definované zatáčce

Poslední zkouškou, zjišťující parametry směrové stability požárních automobilů, byla dynamická říditelnost vozidla, která byla realizována impulsivním natočením volantu v rámci vyhýbacího manévru na definované trati – tzv. losí test. Vozidlo projíždělo trati vyznačenou dle normy ISO 3888-1 s rozměry uvedenými na Obr. 52 danými pro zkoušení nákladních vozidel a autobusů. Rozdíl oproti normě byl v tom, že byla po celé délce trati definována jednotná šířka dráhy, a to 3 m (přísnější test).



Obr. 52 Skutečná zkušební trať dle metodiky ISO 3888-1 pro vyhýbací manévr - losí test

Každý řidič projížděl vyznačenou trať dvakrát při rychlostech 50 km/h a 60 km/h, přičemž uvedené rychlosti udržoval po celou dobu jízdního testu dle pokynů měřícího týmu k průběhu zkoušky. Během testu impulsového natočení volantu se ukázalo, že určitý vliv na výsledky (stáčivou rychlost, směrové úchyly těžiště) má i vlastních charakter jízdy (manévru) daného řidiče při průjezdu definovanou trati. Z hlediska expertních pohledů se tento typ zkoušky jeví jako méně objektivní, především pokud nedosáhneme postupným najížděním ve vyšších rychlostech hranice stability podvozkové části vozidla.

Pro potřeby hodnocení jednotlivých vozidel se jako neobjektivnější měřená veličina jevila max. stáčivá rychlost, která byla zjištěna ze signálu snímače umístěného v kabině vozidla při průjezdu trati. Boční (příčné) zrychlení bylo také ovlivněno vlastními pohyby kabiny, ovšem na jeho výsledku (míře neurčitosti) se neprovedené korekce klonění a klopení projevují více, proto byla tato veličina brána jen jako doplňující. Zjištěné výsledky hodnocené dle max. stáčivé rychlosti ukázaly míru přetáčivosti (směrové nestability) vozidla při manévru na definované trati. Výsledky plně korespondovaly s naměřenými směrovými úchyly v těžišti a na zadní nápravě, které svou velikostí určují odchylku směru vektoru pohybu vozidla od jeho osy, což má vliv na vlastní kvalitu (jistotu) řízení automobilu. Čím je menší směrová úchylna, tím větší jistotu má řidič vozidla při řízení. Automobil je konstruován tak, aby se při rovnoměrné jízdě a s předepsaným zatížením choval stabilně, tzn. neutrálně až mírně nedotáčivě. Nestabilního (přetáčivého) směrového chování automobilu můžeme nechtěně dosáhnout těmito zásahy:

- posunutím těžiště do zadní části automobilu nesprávným rozložením nákladu,
- podhuštěním pneumatik na zadní nápravě,
- montáží pneumatik s menší boční tuhostí (např. diagonálních) na zadní nápravu,
- zvýšením hnací síly v zatáčce (sníží se boční tuhost pneumatik a roste směrová úchylna – u hnací zadní nápravy způsobí přetáčivost vozidla, u hnací přední nápravy pak nedotáčivost vozidla).

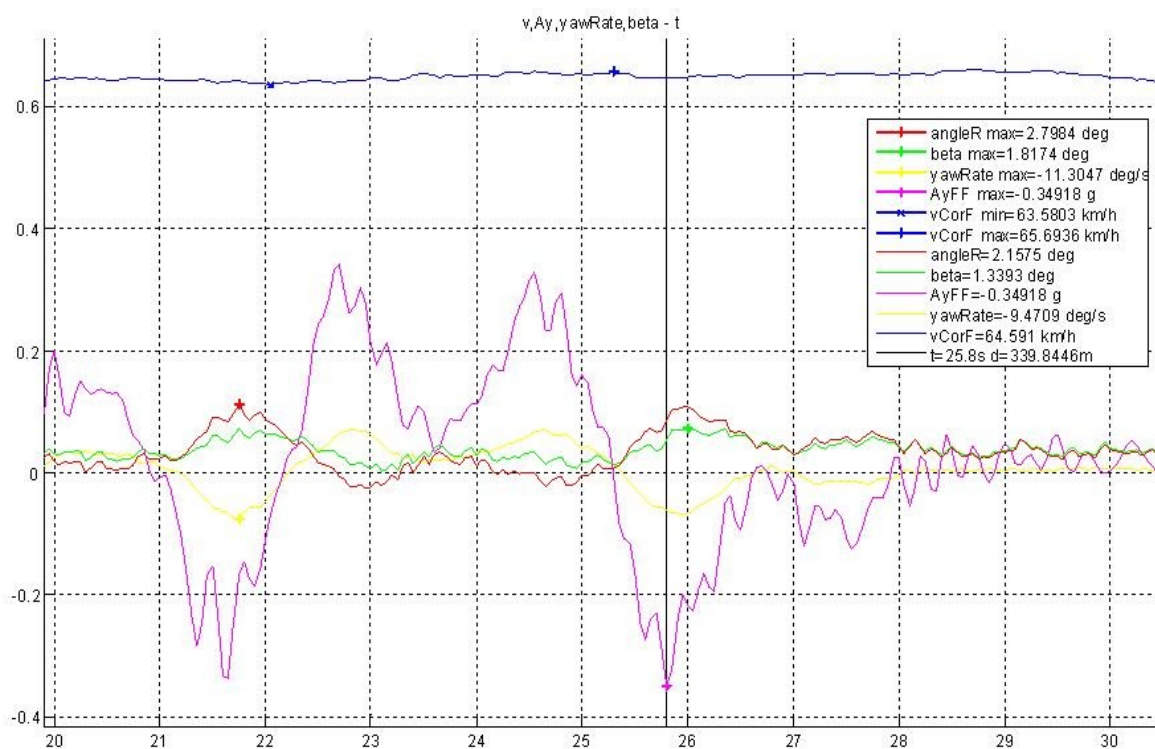
U tohoto testu se vyhodnocoval čas t průjezdu mezi bránami umístěnými na začátku a konci vyznačené trati, dále maximální a minimální rychlost v_{max} a v_{min} , maximální boční zrychlení vozidla $A_{y_{max}}$, maximum stáčivé rychlosti $yawRateMax$, maximální úhel směrové úchylny v těžišti β_{max} a maximální úhel směrové úchylny zadní nápravy $angleRMax$ dosažené v úseku mezi výše uvedenými bránami, viz Tab. 23 a Obr. 53. Podmínkou zkoušky bylo, že vozidlo neopustí vytyčenou trať.

Výsledky stáčivé rychlosti jednotlivých vozidel získané losím testem byly poměrně malého rozptylu, což svědčí o nedosažení hraničních podmínek lability většiny podvozků (a to při rychlosti průjezdu až 70 km/h). Při vyšších rychlostech by se ukázalo skutečné chování vozidla v extrémnější situaci, která může v provozu běžně nastat při výjezdu požárního automobilu k události. Další nevýhodou malého rozptylu hodnot je větší nejistota měření při hodnocení jednotlivých reprezentantů, pakliže z časových důvodů nebyla statisticky zjišťována nepřesnost měření (několikanásobné měření jedné zkoušky).

Tab. 23 Naměřené hodnoty při vyhybácím manévru - losím testu z rychlosti 60 km/h pro vozidlo č. 6

měřené veličiny	j.	hodnoty
t	s	7,46
v min	km/h	63,58
v max	km/h	65,69
Ay max	g	0,35
yawRate max	deg/s	11,305
beta max	deg	1,817
angleR max	deg	2,798

Na Obr. 53 je zobrazen průběh měřených veličin během testu impulsivního natočení volantu s vyznačenými signály sledovanými během tohoto testu.



Obr. 53 Průběh zaznamenávaných veličin při losím testu

Výsledky dynamické říditelnosti vozidla, která byla zjišťována impulsivním natočením volantu v rámci vyhybácího manévru, jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 24).

Tab. 24 Tabulka pořadí dle jedenáctého hodnotícího kritéria – max. stáčivá rychlost vozidla při losím testu

Vůz	Typ a výrobce požárního automobilu	Max. boční zrychlení <i>AyMax</i> (g)	Max. stáčivá rychlost <i>YawRateMax</i> (deg/s)	Pořadí	Bodové ohodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	0,391	14,234	7.	2
2	CAS 15 MB Atego 4x4	0,386	13,532	6.	3
3	CAS 24 MB Atego 4x2	0,443	12,277	4.	5
4	CAS 24 Renault Midlum	0,366	13,288	5.	4
5	CAS 24 MAN TGM	0,346	11,668	2.	7
6	CAS 24 Dennis Rapier	0,349	11,305	1.	8
7	CAS 20 Tatra 815 Terrno	0,391	11,697	3.	6
8	CAS 24 Scania P 340	0,443	16,164	8.	1
9	RZA MB Sprinter	-	-	-	-

6.5.1. Závěry z testů směrové stability využitelné v praxi

Během testů brzdění v přímém směru se vyhodnocovaly ze signálu rychlosti, resp. zrychlení veličiny brzdná dráha a brzdné zpomalení, což jsou parametry velice účelné pro zjištění schopnosti vozidel včas, rychle, bezpečně a účinně zabrzdit, především pak v běžném silničním provozu při výjezdu požárních automobilů k zásahu. Účelem testů bylo zjistit účinek zařízení pro provozní, resp. nouzové brzdění, který by měl být rozložen na kola téže nápravy symetricky vzhledem ke střední podélné rovině vozidla (viz směrnice ES 71/320/EHS). K vybočení vozidla dochází z více příčin (závad) jimiž mohou být:

- nesprávné geometrické charakteristiky (geometrie řízení),
- nestejný účinek brzdění jednotlivých kol nebo stran (u vozidel byla před vysláním na zkoušky provedena kompletní údržba vylučující závady),
- nestejná adheze kol nebo stran (při zkouškách byla vyloučena, všechna vozidla měla stejné referenční podmínky).

Prvním závěrem je, že všechna vozidla, která patřila dle přílohy zákona 56/2001 Sb. do kategorie vozidel N2 a N3 splnila s velkou rezervou min. požadavek na brzdný účinek daný evropskou směrnicí 71/320/EHS pro předepsanou nejdelší brzdnu dráhu 29,2 m, resp. 19,9 m při stanové rychlosti 50 km/h (pro kat. N2), resp. 40 km/h (pro kat. N3). Za druhé, žádné vozidlo po čas zkoušek brzdne dráhy nebylo přivedeno do smyku (stavu ztráty adheze kol s přilehlou vozovkou) ani při nejvyšší testované rychlosti. Všechna vozidla byla vybavena elektronickým brzdovým systémem ABS, jehož funkce se plně projevila již při brzdění v nižší testované rychlosti 40 km/h, po dobu plného brzdění (sešlápnutí ovládacího orgánu), o čemž svědčí poměrně kmitavý průběh (aktivace a deaktivace akčního člene ABS) max. hodnoty zpomalení. Naopak v průběhu brzdění při vyšších rychlostech měla vozidla vyrovnanější profil zpomalení, což se projevilo na konci brzdění větším rozdílem mezi max. zpomalením a pokračujícím dynamickým dějem po zabrzdění (max. zrychlením podvozku, resp. kabiny).

Nejvyšší brzdny účinek měla vozidla na šasi MB, resp. Renault Midlum, přičemž nejlepší výsledek ze všech zkoušených vozidel měl v obou testech nejlehčí požární automobil MB Sprinter. Z naměřených signálů bylo patrné, že nastavení brzdového systému těchto vozidel bylo velmi ostré. Docházelo k rychlému nástupu maximálního brzdneho účinku, což vedlo k rychlejšímu ukončení děje (menší brzdna dráha). Rozdíl mezi různými druhy zkoušených vozidel byl však ve vlastním průběhu brzdneho zpomalení, který se následně přesouval do dynamického pohybu kabiny, resp. podvozku po ukončení brzdění a vyšlápnutí pedálu. Zatímco podvozky MB, stejně jako šasi vozidla lehké třídy Renault Mascott, měli značně kmitavý průběh brzdneho účinku, tak Renault Midlum vykazoval poměrně vyrovnaný průběh vysoké intenzity brzdění (brzdneho účinku), což svědčí o jiném nastavení brzdového systému spolu s ABS. Poměrně nízké hodnoty brzdneho zpomalení dosáhl již zmiňovaný Renault Mascott, a to nejen v porovnání s vozidlem MB Sprinter ze stejné hmotnostní třídy, ale i vůči ostatním vozidlům z vyšších hmotnostních tříd, což u tohoto podvozku ukazuje na poddimenzování brzdne soustavy, jejíž možnosti opět neodpovídají uvažované celkové hmotnosti vozidla.

Na vlastní dynamický pohyb vozidla, resp. kabiny po zabrzdění má vliv velké množství faktorů. První, který byl již uveden, je vlastní nastavení brzdového systému (spolu s navazujícími prvky) z výroby, které lze určitým způsobem vyladit v autorizovaných servisech dle přání zákazníka. Dalšími vlivy, které také výrazně ovlivňují dynamiku vozidla po zabrzdění, jsou charakter (druh) zavěšení kol, odpružení šasi, jeho náchylnost na klopení a klonění a systém odpružení kabiny, resp. pevného spojení kabiny k šasi. Je třeba říci, že většina zkoušených vozidel měla konstrukci závislého zavěšení kol pomocí tuhé nápravy se systémem pružení parabolickými listovými péry doplněnými buď teleskopickými tlumiči nebo suvnými rameny doplněnými o Panhardskou tyč, která vede most nápravy v příčném směru. Právě jednou z kinematických nevýhod tuhé nápravy je tzv. třepetání při jízdě, které se kompenzuje teleskopickými tlumiči nebo jiným konstrukčním řešením. Není však východiskem pro poměrně velkou náchylnost nápravy, resp. vozidla k podélnému klopení při intenzivním rozjezdu či brzdění [33].

Naopak kyvné polonápravy neboli nezávislé zavěšení kol tyto nevýhody díky jiné kinematické skladbě nápravy nemají, takže je pravděpodobnější, že vliv intenzivního brzdění na klopení vozidla, resp. kabiny bude nižší. Toto tvrzení se potvrdilo u průběhů zrychlení podvozku (kabiny) po zabrzdění z vyšší testované rychlosti požárních automobilů Dennis Rapier a MB Sprinter.

Z výsledků odchylek z přímého směru při brzdění je nutno konstatovat, že základní prioritou pro zajištění účinného a bezpečného brzdění požárních vozidel je shodné rozložení brzdné síly na všechny kola (obě strany) vozidla, což jednoznačně zlepšuje jeho stabilitu při jízdních manévrech v provozu. Především správně naddimenzované brzdy pro požární automobil do městské zástavby ve vztahu k jeho uvažované max. celkové hmotnosti jsou rozhodující pro podmínky provozu, kde během pár minut jízdy dochází prakticky ke stálému maximálnímu zatížení brzdového systému. Z výsledků vozidla Tatra 815 Terno (extrémní vybočení do strany s nutným zásahem řidiče při manévru brzdění z vyšší rychlosti), které je standardně vybaveno bubnovými brzdami na všech kolech je více než zřejmé, že pro aplikaci požárního automobilu do městské zástavby jsou východiskem pouze kvalitní kotoučové brzdy.

Podobných výsledků z hlediska intenzity brzdění, které byly prezentovány výše dosahovala jednotlivá vozidla při vlastním průběhu zkoušek brzdění v zatáčce. Vozidla, která měla nejmenší rozdíly od svých referenčních hodnot (ideální jízdní dráhy), byla hodnocena z hlediska stability v zatáčce jako nejlepší. Nevýhodou měření v testu brzdění v zatáčce byl fakt, že díky nedostatečnému poloměru zatáčky a celkové velikosti tratě nebylo možno najíždět do zatáčky takovou rychlostí, při které by se zásadním rozdílem ukázaly tendence směrově příčného chování podvozkové části CAS (měřené průběhy poměrně dobře kopírovaly průběhy referenčních vozidel daných výpočtem), podobně jako tomu bylo i u losího testu. Přesto se ukázaly tendence některých měřených šasi být hodně stabilní a méně ovladatelné v zatáčce (Dennis Rapier a MB Atego 1328), které byly charakteristické svou nízkou světlou výškou podvozku, nebo naopak v případě MAN TGM být dobře řiditelné, ale přetáčivé, což je z hlediska bezpečnosti horší varianta. Ideální hodnoty příčné stability tak při testu brzdění v zatáčce dosahovala vozidla Scania P 340 a MB Atego 1426, která byla mírně nedotáčivá. Další užitečné veličiny pro porovnání, které by vyjadřovaly chování vozidel při brzděném manévru v zatáčce a které byly odvozeny od naměřeného bočního zrychlení vozidla (působící síly v příčném směru), nebylo možno pro účely objektivního porovnání vozidel doporučit, jelikož byl měřený signál bočního zrychlení značně ovlivněn pohyby kabiny. Aby mohl být signál bočního zrychlení použit jako hodnotící kritérium, musela by se provést korekce úhlů klonění a klopení, což by vyžadovalo poměrně náročnější technickou a časovou přípravu jednotlivých vozidel a přístrojového měřicího zařízení. Díky provozní vytíženosti vybraných reprezentantů a různorodé dislokaci v rámci HZS ČR toto nebylo dost dobře realizovatelné.

Velmi stabilně se v průběhu losího testu dynamické řiditelnosti prezentovaly CAS na podvozku Dennis Rapier a MAN TGM, které se vyznačovaly nízkou světlou výškou vozidla, což předpokládá i nižší těžiště ve svislé ose z (poloha z -tové souřadnice těžiště díky potřebě speciálního zařízení pro určování těžiště nákladních vozidel nebyla v rámci zkoušek měřena). Obecně lze říci, že vozidla

s nižší světlou výškou a tím pádem i těžištěm, dosahovala v tomto testu lepšího hodnocení. Ovšem i Tatra T 815 Terrno s poměrně vysokým těžištěm oproti jiným vozidlům s nižší světlou výškou dosáhla lepšího hodnocení, což v tomto případě lze připisovat jinému systému zavěšení náprav a odpružení.

Závěrem pro poslední dvě zmiňované zkoušky je ve vztahu k aplikaci požárního automobilu do městské zástavby skutečnost, že velký vliv na směrovou stabilitu vozidla v zatáčkách má nejenom samotné nastavení a druh šasi pro provoz na zpevněných komunikacích, ale také správné rozložení požárního příslušenství v účelové nástavbě tak, aby byla jeho váha rozložena rovnoměrně jak v příčném, tak podélném směru (ovlivňuje vratný a klopný moment vznikající kolem hmotného středu vozidla). Naměřené výsledky potvrdili, že hlavní význam pro stabilitu vozidla v zatáčkách a při vyhýbání se překážkám má parametr světlé výšky podvozku, resp. vozidla.

6.6. Uživatelsky definované zkoušky pro daný účel požárních automobilů

Pokud máme z hlediska požadavků a zadání měření jasný účel a cíl, který spočívá ve zhodnocení vytipovaných reprezentantů předurčených do provozu v hustě zastavěných městských aglomeracích na městské dopravní síti, jsou požadavky na kvalitní manévrovatelnost a řiditelnost těchto vozidel prioritní. Jedním z důležitých geometrických parametrů ovlivňující výše uvedené vlastnosti vozidel je obrysový průměr zatáčení vozidla, který byl zároveň dvanáctým hodnotícím kritériem. Dle velikosti obrysového průměru zatáčení si můžeme udělat poměrně dobrou představu, kolik prostoru potřebuje vozidlo na komunikaci pro daný jízdní manévra a zdali je tento manévra při určité nenulové rychlosti schopen řidič zvládnout tak, aby nevystavil osádce vozidla nebo ostatní účastníky silničního provozu nebezpečí (jízdní situace jako smyk, odskok kola aj.). Pro vozidla předurčená jako CAS do intravilánu měst a dalších hustě zastavěných částí je jednoznačně výhodou co nejnížší obrysový průměr zatáčení.

Obrysový průměr zatáčení vozidel můžeme snížit těmito zásahy:

- snížením rozvoru náprav,
- pohonem všech kol nebo jejich natáčením (jen do určité max. rychlosti),
- zmenšením velikosti kol (průměru ráfku kola),
- zmenšením šířky pneumatiky.

Měření se provádělo dle metodiky TÚPO č. 03 – 05. Naměřený (výsledný) obrysový průměr zatáčení vozidla byl dán průměrem naměřených hodnot v obou směrech plného rejdu. Měřidlo - trasoměr Baumer, kterým byla zjišťována délka obrysové kružnice vozidla, mělo směrodatnou odchylku $s = 10$ mm. Směrodatné odchylky výsledku měření obrysového průměru zatáčení se pohybovaly od 0,05 m (Dennis, Scanie) až po odchylku 0,65 m u vozidla Renault Midlum. Medián i modus souboru měření směrodatné odchylky obrysového průměru zatáčení byl 0,1 m.

V následující tabulce (Tab. 25) jsou uvedeny výsledky měření obrysového průměru zatáčení.

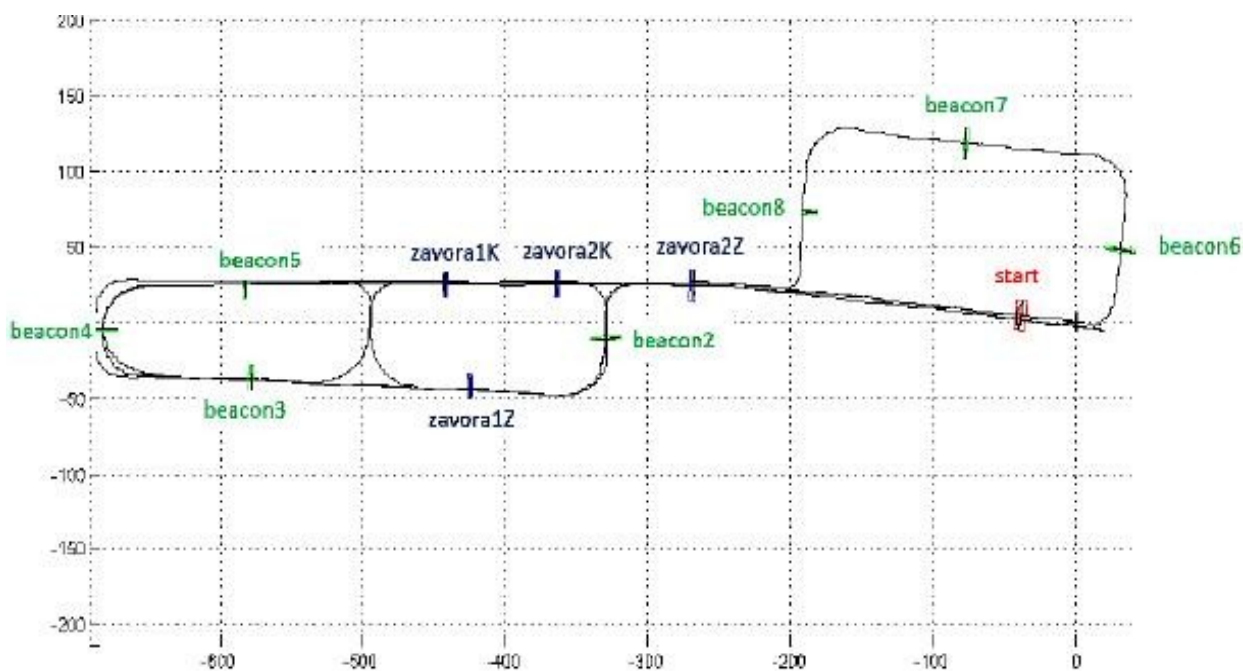
Tab. 25 Tabulka pořadí dle dvanáctého hodnotícího kritéria – obrysový průměr zatáčení vozidla

Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Obrysový průměr zatáčení D (m)	Pořadí	Bodové ohodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	14,95	3.	7
2	CAS 15 MB Atego 1426	16,7	6.	4
3	CAS 24 MB Atego 1328	15,65	5.	5
4	CAS 24 Renault Midlum	18,85	9.	1
5	CAS 24 MAN TGM	18,1	7.	3
6	CAS 24 Dennis Rapier	14,1	2.	8
7	CAS 20 Tatra 815 Terno	18,25	8.	2
8	CAS 24 Scania P 340	15,25	4.	6
9	RZA (CAS) MB Sprinter	13,7	1.	9

Poslední hodnotící zkouškou požárních automobilů CAS byl test s názvem „Jízda zručnosti v městské zástavbě“, který vydefinoval zpracovatel disertační práce s ohledem na simulaci podmínek při jízdě k zásahu v městské zástavbě. Při zkoušce byly na stanoveném jízdním okruhu snímány výkonové parametry, parametry stability vozidla a celkový čas projetí tratě, která měla délku cca 4 km (odpovídá vzdálenosti drtivé většiny výjezdů jednotek HZS ČR v dříve uváděných městech). Byly zjišťovány jak objektivní jízdní parametry, tak subjektivní dispozice jednotlivých řidičů k řízení na definované trati a zvládání jednotlivých jízdních manévru při průjezdu úseků s překážkami (simulace předjíždění a vyhýbání se vozidlům) a průjezdu koridorem překážek (simulujících zúžený jízdní profil nebo kolonu stojících vozidel v sil. provozu). Účelem subjektivní části zkoušky bylo určit, jaký je teoreticky možný max. časový rozdíl ujetí shodné dráhy mezi rozdílnými vozidly a řidiči s rozdílným stylem řízení. Z časových důvodů se této zkoušce neúčastnilo vozidlo MB Sprinter.

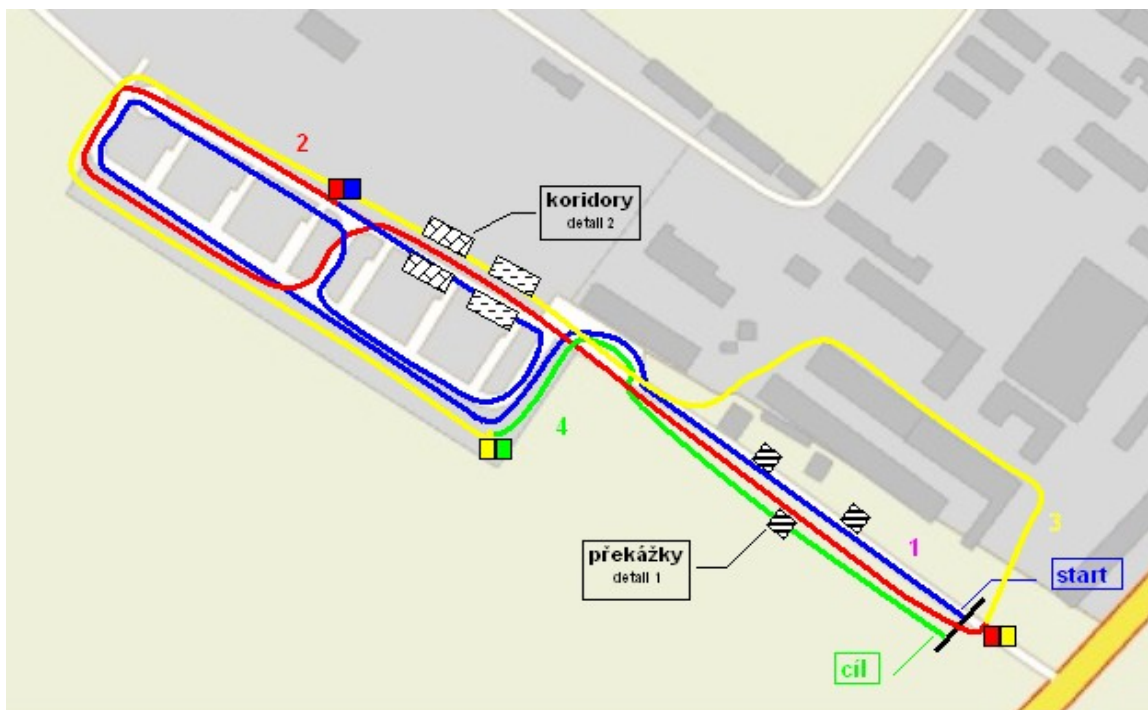
Pro vyhodnocení jízdy zručnosti byl zkušební okruh rozdělen pomocí brán (beacon, resp. závora) na jednotlivé úseky (viz Obr. 54). Jednotlivé průjezdy bránami byly zachyceny a byl vyhodnocen čas průjezdu t , ujetá dráha d a směr průjezdu. V úsecích ohraničených jednotlivými bránami byly dále určeny maximální a minimální hodnoty rychlosti v_{max} a v_{min} , maximální hodnoty bočního zrychlení $A_{y_{max}}$ a stáčivé rychlosti $yawRateMax$. Není účelem práce zde všechny grafické závislosti průběhů měřených

signálu prezentovat, ilustrativně jsou pro konkrétní vozidlo uvedeny v Příloze A. Ze záznamu měřeného podélného a bočního zrychlení bylo možné získat představu o míře využití jízdních mezí vozu v kombinaci s jízdním stylem řidiče, což bylo účelné ve srovnání s časy jednotlivých vozidel. Jízdní meze vozu byly dány maximálními, resp. minimálními hodnotami podélného a bočního zrychlení, které bylo schopno na trati vozidlo dosáhnout v přímém směru i při jízdě v zatáčkách. Čím větší rozptyl mají hodnoty v podélném i příčném směru, tím lze považovat vozidlo ve zkoušce za více dynamické (větší akcelerační schopnosti), jelikož i jeho meze zrychlení jsou větší. Jízdní styl řidiče, který je dán tzv. křížem zrychlení (závislost bočního zrychlení A_y na podélném A_x), kde jsou oba průběhy veličin vůči sobě vymezeny spíše kolmě, vypovídá více o konzervativní jízdě (akcelerace v přímém směru, před zatáčkou ubrání plynu, projetí zatáčkou bez akcelerace, po ukončení manévru a vyjetí ze zatáčky opětovná akcelerace). Naopak, byl-li výsledný průběh signálů spíše elipsovitý, svědčilo to o dynamičtější jízdě, kterou jsou charakterizovány závodní styly jízdy (akcelerace v přímém směru, před zatáčkou krátké ubrání plynu a následné projetí zatáčkou s určitou přípustí plynu, vyjetí ze zatáčky s plnou akcelerací – drift). Z průběhů zrychlení vozidel č. 1, 2, 3, 6 a 7 lze usuzovat, že se jednalo o více závodní styl jízdy, zbylá vozidla měla charakter jízdy konzervativnější.

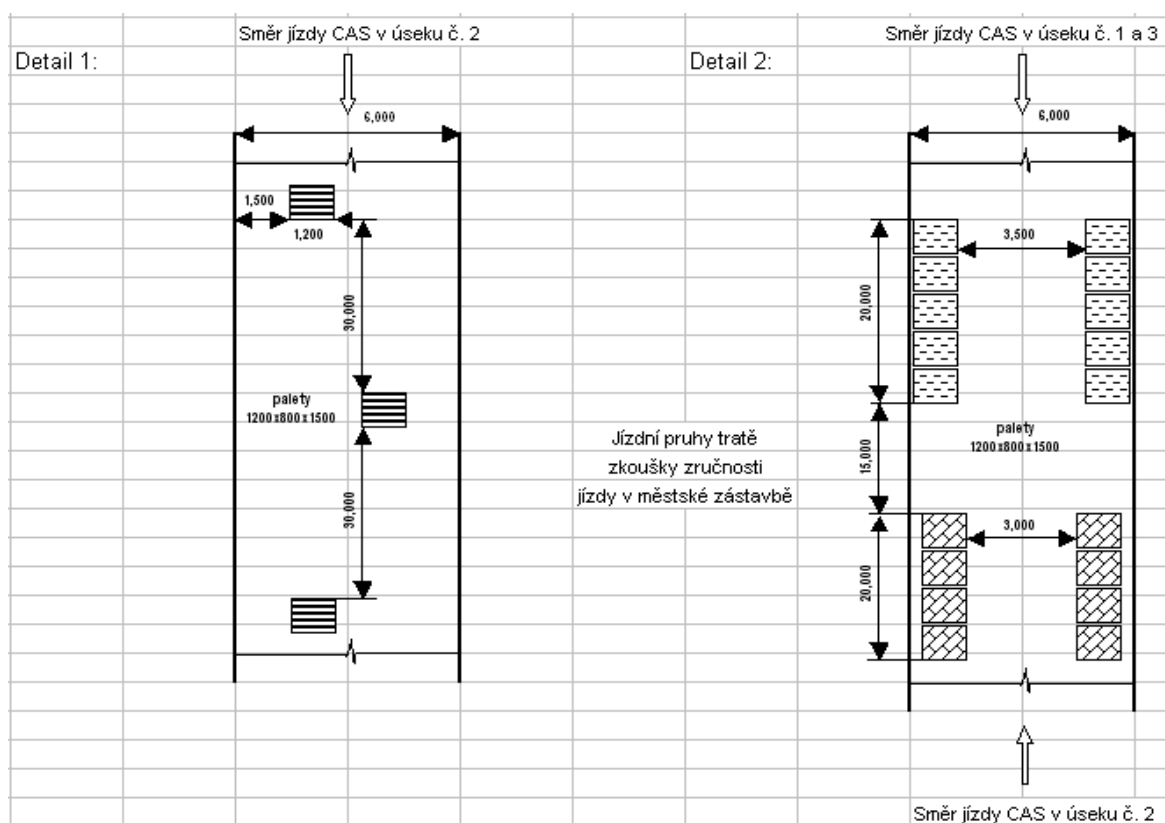


Obr. 54 Poloha měřících bran (beacon) na okruhu jízdy zručnosti

Pro vyhodnocení čtyř úseků tratě jízdy zručnosti (viz Obr. 55) se posuzovaly dynamické parametry vozidel jednak pro dva diskrétní úseky tratě na Obr. 56 (směrové překážky – viz detail 1 v kombinaci s třemi levotočivými a jednou pravotočivou zatáčkou o celkové délce cca 800 m a zúženými koridory – viz detail 2) a následně i celkové rychlostní parametry dosažené při absolvování celé tratě.



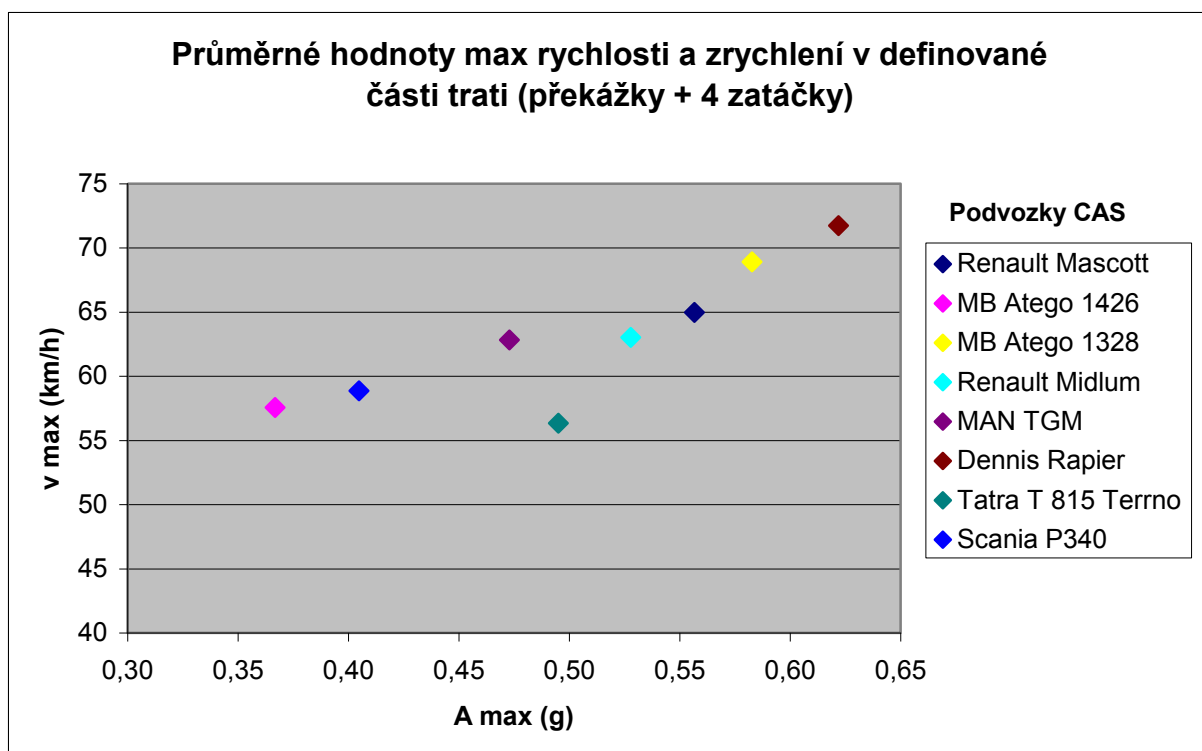
Obr. 55 Profil tratě jízdy zručnosti v městské zástavbě



Obr. 56 Detailní pohled na části tratě, které simulovaly situace v městské zástavbě a kde se provádělo podrobnější vyhodnocení

Záměrem vyhodnocení bylo zjistit rozdíly v jízdní dynamice zkoušených reprezentantů (viz Tab. 26) právě u úseků, jejíž uspořádání (podélné i příčné) bylo velmi podobné tomu, s čím se strojníci (řidiči) požárních automobilů běžně setkávají v husté městské zástavbě (intravilánu středně velkých a velkých měst – okresní a krajská města ČR). Každý řidič absolvoval celý průjezd tratí dvakrát, kdy první jízda byla zkušební. Subjektivní dispozice každého řidiče k charakteru řízení (manévrů) však samozřejmě nebylo možné ovlivnit, přesto byla snaha, aby byly dané úseky projížďeny s maximální disponibilní akcelerací vozidla.

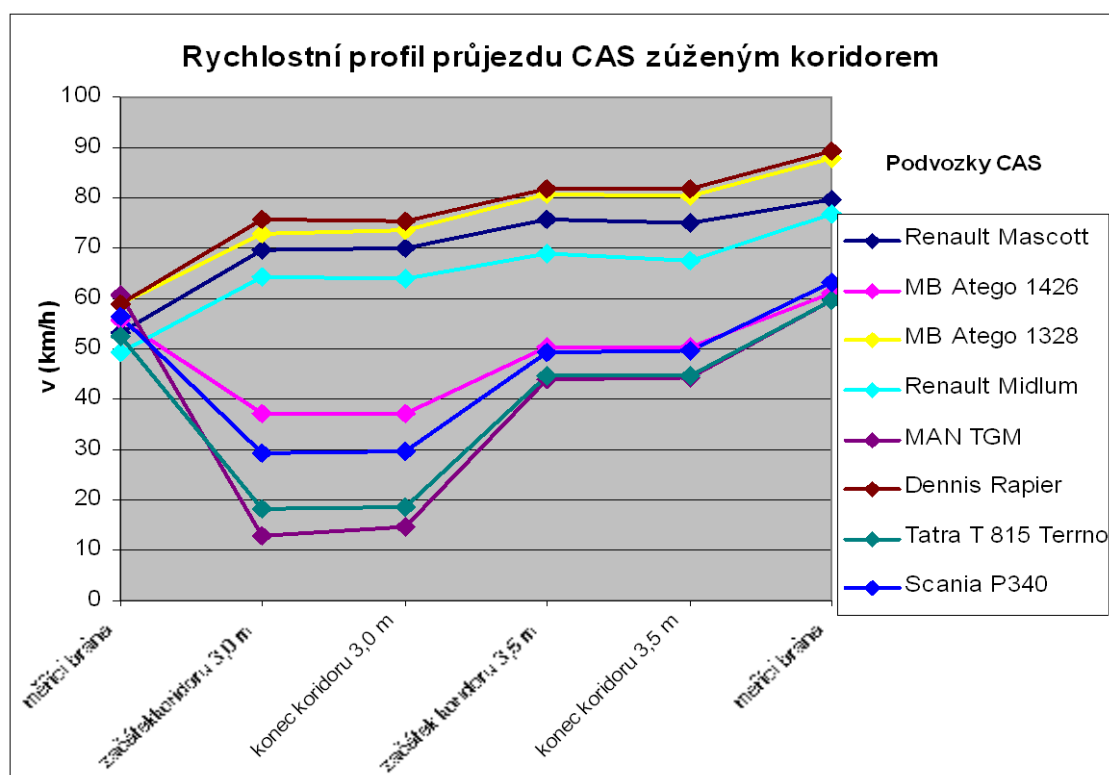
Z hlediska profilů rychlosti a zrychlení v první vyhodnocované části tratě bylo překvapením, že konkrétně CAS Dennis Rapier a CAS Atego 1328 z hmotnostní třídy M vykazovaly vyšší hodnoty než daleko lehčí CAS Renault Mascott z třídy L, a to i přesto, že tato vozidla a jejich řidiči měli dosti podobný styl jízdy – spíše závodní charakter. Tato vozidla měla o 5 – 10 % lepší dynamiku než níže uvedená vozidla ze střední oblasti naměřených hodnot a dokonce o 15 – 20 % lepší dynamiku v porovnání s vozidly s nejnižšími naměřenými hodnotami. V oblasti středních hodnot se ve výběru reprezentantů pohybovaly CAS na podvozcích MAN TGM a Renault Midlum s charakterem konzervativnější jízdy řidičů a nižší intenzitou akcelerace. Paradoxně poslední tři vozidla hodnocení (MB Atego 1426, Scanie, Tatra), která měla nižší průměrné max. hodnoty rychlosti, byla specifikována jako vozidla s charakterem jízdy řidičů poměrně závodním. Následující obrázek (viz Obr. 57) ukazuje výsledky první části jízdy zručnosti, kdy vozidla absolvovala jízdu přes směrové překážky a následně průjezd čtyřmi zatáčkami v celkové délce 800 m.



Obr. 57 Průměrné hodnoty max. rychlosti a zrychlení při průjezdu úseku jízdy zručnosti s překážkami a 4 zatáčkami

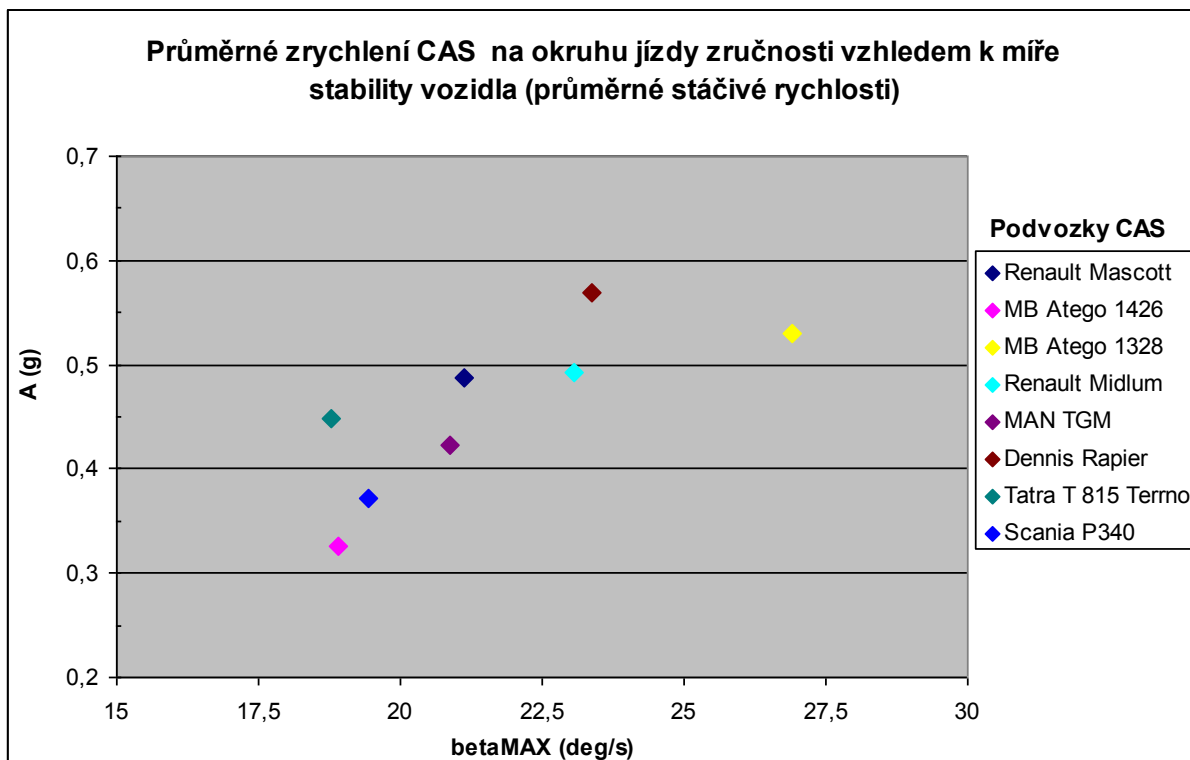
Důvodů, proč nebylo dosaženo vyšších jízdních mezí u hůře hodnocených vozidel, je několik. Je to dáno především nedostatkem výkonu (resp. krouticího momentu) a nesprávným zpřevodováním hnacího agregátu pro rychlejší akceleraci. Svoji roli hrála také celková hmotnost vozidla, jakož i jízdní styl řidiče, který byl však prozkoumán a mohl se v některých případech vyloučit.

Druhým měřeným diskrétním úsekem tratě jízdy zručnosti byla část zúžených jízdních profilů, která měla ukázat, jakým způsobem se řidiči potažmo vozidla vypořádají s průjezdy koridory pevně umístěných překážek se vzájemnou roztečí šířky 3,5 m, resp. 3,0 m vzhledem k jejich geometrickým rozměrům (šířce vozidla). Z výsledných rychlostních profilů se potvrdilo, že užší vozidla byla schopna projíždět zúženými profily rychleji díky subjektivnímu pocitu a jistotě řidiče (viz Tab. 26). Dostatek místa mezi překážkou a karosérií vozidla působil na vnímání prostoru řidičů pozitivně (jistota bezkolizního průjezdu). Měření ukázalo, že i zdánlivě malý rozdíl v šířce vozidla cca 10 až 15 cm (standardní šířka požárních automobilů je 2,5 m), případně u hm. třídy L až 40 cm rozdílu mezi jednotlivými vozidly má vliv na rychlost průjezdu mezi překážkami (v koridoru), kde je min. 25 cm volného prostoru na každé straně vozidla (šířka koridoru 3,0 m). Není proto náhodou, že tři nejširší vozidla ze všech měřených CAS měla nejnižší rychlosti při průjezdu oběma koridory. Z uvedeného Obr. 58 je patrné, že při zvyšující se šířce koridoru došlo adekvátně ke zvýšení rychlosti průjezdu vozidel (min. 50 cm volného prostoru na každé straně vozidla - koridor 3,5 m), u některých vozidel i k mírnému zrychlování v koridoru. Výsledky měření tak plně odpovídají tabulce minimálních šířkových nároků pro provoz vozidel na komunikacích uvedených v lit.[36].



Obr. 58 Rychlostní profil průjezdu CAS zúženým koridorem ve směru užšího jízdního profilu

Při hodnocení vozidel v rámci celkových výsledků dosažených na okruhu bylo provedeno vzájemné srovnání průměrné rychlosti, zrychlení a dosaženého času jízdy. Např. rozpětí průměrných rychlostí měřených CAS vytvořilo dvě pomyslné hranice (vyšší cca 60 km/h a nižší cca 45 km/h), které velice dobře kopírovaly rozsah rychlostí požárních vozidel užívajících se pro výpočet dojezdových časů jednotek PO při zajištění systému Plošného pokrytí území ČR jednotkami PO. Nejlépe hodnocená vozidla (nápadná shoda s akceleračními testy), která se účastnila jízdy na okruhu simulujícím podmínky v městské zástavbě, měla nejvyšší průměrné rychlosti, zrychlení a nejnižší časy absolvování testu. Jednalo se o již zmiňovaný hasičský městský speciál CAS Dennis Rapier, následován také městským speciálem CAS na komerčním podvozku MB Atego 1328, který je v této podvozkové konfiguraci užíván jen u HZS hl. m. Prahy a lehkým požárním automobilem dodávkové koncepce (karoserie) Renault Mascott. Uvedená vozidla byla následována CAS Renault Midlum, která měla ve všech hodnoceních testu „Jízdy zručnosti“ na okruhu velmi dobré a stabilní výsledky. Druhou skupinu vozidel, kterou charakterizovaly nižší hodnotící a naměřené parametry, tvořily CAS na podvozcích MAN TGM, Scania P 340, M-B Atego 1426 a Tatra T 815 Terrno. Hodnoty stáčivých rychlostí naměřených u tohoto posledního testu určitým způsobem vypovídaly o stabilitě vozidla ve svislé a podélné ose. Stáčivá rychlost je logicky úměrná velikosti rychlosti, resp. zrychlení vozidel při projíždění zatáček a při jakýchkoli změnách v podélném směru vektoru rychlosti vozidla. Proto je vhodnější pro posouzení stability skupiny vozidel (objektivní kritérium) využít poměru průměrné stáčivé rychlosti k průměrnému podélnému zrychlení na trati (viz Obr. 59). Na základě poměru stáčivé rychlosti ke zrychlení byla nejstabilnějším vozidlem hodnocena CAS na podvozku Dennis Rapier spolu s CAS Tatra T 815 Terrno (viz Tab. 26), což odpovídalo subjektivnímu hodnocení její osádky (řidič, dva experti ÚADI zajišťující měření a zpracovatel programu zkoušek i disertační práce) při jízdě okruhem. Na základě neměřených hodnot následovalo pořadí automobilů CAS Renault Mascott, resp. Midlum a pořadí uzavíraly CAS Scania P 340 s CAS M-B Atego 1426 hodnocenou nejhůře, což na druhou stranu také plně korespondovalo se subjektivním pocitem osádky, která hodnotila tento podvozek jako nejvíce labilní s tendencí k odskakování při přejíždění příčných nerovností, nebo při průjezdu zatáčkami.



Obr. 59 Míra velikosti průměrného zrychlení CAS vzhledem k její stabilitě vyjádřené stáčivou rychlostí

Tab. 26 Dílčí pořadí zkoušky jízdy zručnosti dle posledních tří hodnotících kritérií v rámci dynamických zkoušek požárních automobilů

Vůz	Typ a výrobce požárního automobilu	Průměr. zrychlení <i>A_{x max}</i> (g)	Průměr. rychlost <i>v</i> (km/h)	Poměr <i>betaMax/A_x</i> (deg/g.s)	Pořadí	Bodové hodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	0,56	64,73	43,35	2.	17
2	CAS 15 MB Atego 1426 4x4	0,37	59,10	58,10	8.	6
3	CAS 24 MB Atego 1328 4x2	0,58	66,53	50,78	2.	17
4	CAS 24 Renault Midlum	0,53	65,02	46,87	4.	16
5	CAS 24 MAN TGM	0,47	45,10	49,42	6.	9
6	CAS 24 Dennis Rapier	0,62	70,81	41,11	1.	24
7	CAS 20 Tatra 815 Terno	0,50	42,50	41,94	5.	12
8	CAS 24 Scania P 340	0,40	53,21	52,24	7.	7

6.7. Závěrečné zhodnocení zkoušek

Vozidlo číslo 9 nebylo měřeno z důvodů časového omezení všemi snímači a nevykonalo všechny testy. Proto je konečný výsledek uvedeného vozidla zkreslen, jelikož byl hodnocen pouze na základě devíti kritérií z patnácti. U vozidla číslo 1 došlo z důvodu neočekávaného výpadku techniky a přenosu dat u jednoho z testů k hodnocení pouze čtrnácti kritérií. V Tab. 27 jsou uvedeny celkové výsledky – hodnocení vytipovaných požárních automobilů CAS dané součtem výsledků jednotlivých zkoušek na základě patnácti hodnotících kritérií.

Tab. 27 Tabulka konečného pořadí CAS podrobených komplexu dynamických zkoušek a hodnocení podle patnácti kritérií

Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Konečné pořadí	Konečné bodové ohodnocení Σ
1	TA (CAS) Renault Mascott	6.	67*
2	CAS 15 MB Atego 1426 F 4x4	4.	74
3	CAS 24 MB Atego 1328 F 4x2	3.	79
4	CAS 24 Renault Midlum 270.14/15 4x2	2.	81
5	CAS 24 MAN TGM 15.280 4x2 BL	8.	64
6	CAS 24 Dennis Rapier 4x2	1.	104
7	CAS 20 Tatra 815 4x4.2 Terrno	9.	48
8	CAS 24 Scania P 340 LB 4x2 HHZ	5.	72
9	RZA (CAS) MB Sprinter 416 CDi 35	7.	66*

Pozn. vozidla označená * neprováděla všechny testy

Výsledky měření ukázaly diametrální rozdíl mezi dnes produkovanými sériovými šasi určenými pro požární automobily a 20 let starým konceptem požárního automobilu, se kterým tehdy přišel výrobce požárních automobilů Dennis. Konkrétní reprezentant této jedinečné koncepce, tzv. městského speciálu požárního automobilu CAS převyšoval ostatní zkoušené CAS prakticky ve všech jízdních testech, což se podepsalo na výsledkovém rozdílu. Jednoznačně se tak potvrdily skutečnosti známé z provozu (vysoká dynamiky jízdy vozidla, stabilita vozidla při průjezdu zatáčkami, možný průjezd užšími jízdními profily), které z tohoto typu požárního automobilu vytvořily ideální variantu pro provoz v městské zástavbě. Ostatní vozidla podrobená měření ze stejné hmotnostní třídy jako CAS na podvozku Dennis měla rozptýl

výsledků poměrně malý, což svědčilo o vyrovnanosti jejich dynamických vlastností a charakteristik v rámci souboru zkoušek. Zatímco CAS na šasi M-B vykazovaly lepší výsledky z hlediska akceleračních zkoušek, tak naopak vozidla Renault a MAN byla při měření směrově a dynamicky stabilnější. Velice slibného umístění dosáhla CAS na podvozku Scanie, jejíž velká část výsledků byla srovnatelná s hmotnostně nižší kategorií vozidel.

Vzhledem k charakteru a účelu měření (nejednalo se o laboratorní zkoušky) byly nejistoty měřidel tak nízké (řádově 0,1 – 0,5 %, viz Tab. A. 7 Přílohy A), že se jejich vliv na vlastní výsledky naměřených veličin mohl zanedbat (např. obrysový průměr zatáčení, odchylka z přímého směru při brzdění). Při stanovování horizontální polohy těžiště (v ose x a y) se jednalo o složenou nejistotu délkového měřidla a vah, která je řešitelná přes parciální derivace. Použijeme-li však zjednodušení (ideální nájezd vozidla na váhy), můžeme jako relevantní uvažovat pouze nejistotu délkového měřidla, jelikož ve výpočtu těžiště jsou obě váhy v podílu. Při tomto zjednodušení byla chyba při stanovování těžiště vozidla ± 2 mm v ose x a y .

Postihnout vliv nereferenčních podmínek při měření vozidel, které nelze exaktně vyjádřit, bylo možné provedením několikanásobného měření konkrétní zkoušky tak, abychom byli statisticky schopni určit míru neurčitosti, resp. chybu výsledků vůči vypočtené střední hodnotě. Míra neurčitosti zjištěných výsledků u některých zkoušek byla v řádech jednotek procent, což svědčí o poměrně přesných naměřených údajích. Na závěr je třeba konstatovat, že celé měření probíhalo ve venkovním prostředí, kde se během dvou dní a celkem 16ti hodin měření měnily klimatické podmínky. Přestože během zkoušení nepršelo, ani se neobjevily klimatické jevy, které by zásadním způsobem změnily pro jednotlivé reprezentanty adhezní či jiné podmínky, je pro opakovatelnost zkoušek a další srovnání nutné počítat s nastavením obdobných testovacích podmínek i vzhledem k povrchu tratě, který tvořil asfalt.

Během zkoušek bylo subjektivně zaznamenáno následující specifické chování vozidel:

- Vozu číslo 1 při akceleraci ze zatáčky výrazně prokluzovalo odlehčené zadní vnitřní kolo,
- Prokluzování vnitřního zadního kola při akceleraci ze zatáčky bylo pozorováno rovněž u vozidla číslo 4,
- Vozidlo číslo 7 během brzdných testů mělo výraznou tendenci vybočit, byly nutné korekce ze strany řidiče, brzdy se přehřívaly,
- Řidič vozidla číslo 5 v testu „Jízda zručnosti“ jel velmi umírněně (v důsledku kontaktu vozu s bariérami v předešlém testu),
- Vozu číslo 2 se při testu „Brzdění v přímém směru“ výrazně rozkmitaly přední kola,
- Vůz číslo 2 se při jízdním testu „Brzdění v zatáčce“ po nájezdu na nerovnost v zatáčce „rozskákal“ a zadní vnitřní kolo výrazně odskakovalo od vozovky,
- Vůz číslo 3 se při nájezdu na test „Brzdění v zatáčce“ projevoval podobně jak vůz číslo 2, ale děj byl méně výrazný,

- U všech vozidel se projevoval výrazně dynamický děj (kmitání) spojený s vertikálními pohyby vozidel v kombinaci s klopením vozu. Pro další zmapování těchto dějů by bylo vhodné provést další specializované testy.

Ze zkoušek a jejich objektivních i subjektivních hodnocení vzešla tato doporučení pro požární automobily určené pro provoz do městské zástavby:

- Vozidla by měla být vybavena automatickou (samočinnou) převodovkou, která zajistí rychlejší přeřazení rychlostních stupňů bez ztráty výkonu (otáček) při jízdě, sníží spotřebu paliva a optimálně přenesení krouticí moment na hnací kola náprav.
- Měrný hmotnostní výkon by měl být na úrovni 15 kW/t při uváděné celkové hmotnosti. Skutečný měrný výkon by však měl být vyšší, a to cca 16 – 18 kW/t při skutečné hmotnosti vozidla (hmotnostní rezerva), aby poskytoval dostatečnou pružnost pro akceleraci automobilu na relativně krátké dráze ve městě.
- Nakonfigurovat dostatečně dimenzované kotoučové brzdy se systémem ABS na všech nápravách pro účinnější, rychlejší a bezpečnější možnost brzděného manévru (zvážit i systémy pro nouzové brzdění - EBS) s využitím nastavbových systémů elektronické stabilizace podvozku např. ESP nebo obdobným systémem pro zvýšení stability vozidla v příčném a podélném směru.
- Podstatnou roli při jízdě v městské zástavbě hrají geometrické parametry vozidel, především pak šířka vozidla (max. 2,35 m), délka (max. 7,0 m), rozvor (max. 3,7 m), světlá výška (max. 25 cm) a obrysový průměr zatáčení (max. 15,5 m).
- Systém odpružení vozidla by měl zajistit, aby nedocházelo k přílišnému klonění a klopení v obou směrech (podélně a příčně), protože dochází k přenosu radiálních sil a vibrací na nastavbu, které vedou k nadměrnému namáhání. Naopak odpružení by nemělo být ani moc tuhé, protože při většinovém pohlcení síly pružinou se sníží pohyb kola a při přejíždění nerovností dochází k odskoku kol (nápravy), což způsobuje nestabilitu vozidla při přejíždění příčných nerovností.

Představené zkoušky ukázaly pouze počátek poměrně dosti složité problematiky konstrukce nákladních vozidel a zjišťování jejich vlastností a parametrů zkoušením, které bylo provedeno u požárních automobilů CAS v rámci uskutečněného vědeckého záměru disertační práce. Rozsah a kvalita zkoušek odpovídala technickým, časovým a finančním možnostem institucí, které se na záměru a provedení zkoušek podílely.

7. DEFINOVÁNÍ PARAMETRŮ PRO PODVOZKOVOU ČÁST POŽÁRNÍHO AUTOMOBILU DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY

Model 1 může být označen dle [11] např. jako CAS 15/2000/120 – M/1/T. Nákladní automobil o celkové hmotnosti 12 t v kategorii N2 (dle směrnice 2007/46/ES, resp. zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích) s trambusovou, sklopnou kabinou a samostatnou skříňovou nástavbou s uložením hnacího ústrojí v klasické koncepci (motor podélně vpředu pod kabinou a pohon zadní nápravy přes hnací hřídel). Kabina pro osádku musí splňovat základní požadavky na bezpečnost pro cestující v nákladních vozidlech (dle předpisů EHK/OSN a směrnic EHS/ES).

Pro druhou variantu (model 2) požárního automobilu do městské zástavby může být typický popis dle [11] např. AS 10/1000/50 – L/1/T nebo RZA 1000 - L/1/T. Lehký nákladní automobil kategorie N2 s trambusovou, sklopnou kabinou a samostatnou skříňovou nástavbou s uložením hnacího ústrojí v klasické koncepci, nebo automobil tzv. dodávkového typu se skříňovou karoserií (furgon), popř. skříňovou nástavbou a s uložením hnacího ústrojí v koncepci osobních vozidel (motor vpředu a pohon přední nápravy). Kabina pro osádku vozidla musí splňovat shodné požadavky jako u modelu 1.

7.1. Prostorové parametry šasi a kabiny

- Délka rámu podvozku, resp. celková délka vozidla – pro oba modely max. 7,0 m (optimální délka ve vztahu k rozvoru kol a obrysovému průměru zatáčení vozidla je cca 6,5 m → kratším vozidlem dosahujeme lepší ovladatelnosti a říditelnosti v prostoru, vliv na menší obrysový průměr zatáčení vozidla).
- Rozvor náprav – pro první model max. 3,7 m (ovlivňuje zásadně stopový a obrysový průměr zatáčení vozidla, viz měření geometrických parametrů v Kap. 6.6), pro druhý model pak max. 4,2 m pokud by byla použita koncepce dodávkového typu podvozku s uložením motoru jako v osobních vozidlech (je nutné prodloužit rozvor).
- Šířka kabiny, resp. celková šířka vozidla – max. 2,35 m (model 1), resp. max. 2,1 (model 2), optimalizace z hlediska průjezdnosti úzkými profily s přihlédnutím k dopravně technickým parametrům místních komunikací – viz Kap. 5.1.
- Výška kabiny, resp. vozidla max. 3,2 m pro oba modely.
- Rozchod kol na přední a zadní nápravě co možná největší v daných mezích celkové šířky vozidla (kladně ovlivňuje stabilizační - vratný moment vozidla při klonění a průjezdu vozidla zatáčkou).
- Světlá výška podvozku, resp. celého vozidla – vertikální složka těžiště (z) co nejnižší, při zachování normových parametrů terénní průchodnosti pro model 1 – min. 20 cm, pro model 2 – min. 15 cm (vyšší hodnota naopak zlepšuje

průjezdnost při přejíždění dělicích pásů jízdních pruhů, chodníkových obrub apod.).

- Horizontální složka těžiště (x , y) co možná nejbližší pomyslnému středu podvozku mezi nápravami vozidla (posun k zadní nápravě automobilu způsobuje zhoršení směrové stability v zatáčce, viz přetáčivost zjištěná při měření dynamických parametrů v Kap. 6.5) a co možná nejbližže podélné ose vozidla (poloha těžiště vůči vnějším kolům bude při zatáčení na obě strany rovnoměrná a tím i vratný moment působící proti převrácení vozidla).

7.2. Poháněcí soustava

- Hmotnostní výkon motoru – pro první model hodnota min. 15 kW/t a pro model č. 2 pak min. 20 kW/t je adekvátní pro vozidlo, u kterého je kladen důraz na dynamiku a akceleraci při povaze jízdy v intravilánu města (časté brždění, předjíždění, úhybné manévry), viz měření dynamických parametrů v Kap. 6.4.
- Max. rychlost elektronicky neomezovat pod hodnotu 110, resp. 120 km/h u obou modelů – omezení otáček má vliv na max. výkon motoru (platná výjimka pro požární vozidla kategorie N2 a N3 dle předpisu 89 EHK/OSN, resp. směrnice 2002/85/ES).
- Provedení převodovky – využití samočinných (automatických) převodovek oproti klasickým mechanickým převodovkám u obou modelů. Důvodů je několik. Rychlejší řazení převodových stupňů a lepší využití výkonu zvyšuje dynamické vlastnosti vozidla, optimální přenášení krouticího momentu hnací síly z motoru na hnací kola, snížení spotřeby PHM a v neposlední řadě zajišťují plné soustředění řidiče pouze na ovládání volantu a na situaci v provozu (ověřeno při měření dynamických parametrů v Kap. 6.4).
- Pomocný pohon – u modelu č. 1 konstrukce a dimenzace pohonu umožní motorem pohánět pevně zabudované čerpadlo v nástavbě vozidla o jmenovitém výkonu min. 1500 l/min dle ČSN EN 1028-1, u druhého modelu pak konstrukce pohonu s pomocnou převodovou skříní (pro dodávkovou variantu obvykle nutné zajištění chlazení) musí zajistit pohánění čerpadla o jmenovitém výkonu max. 1000 l/min dle uvedené normy.

7.3. Provedení kabiny

- Pro první model kompaktní dvoudveřová prodloužená kabina trambusové, sklopné karoserie pro 6 cestujících (tzv. crew cab v rozmístění sedadel 2 vpředu a 4 vzadu), popř. část kabiny pro osádku integrovaná v nástavbě vozidla. Pro druhý model dvojitá kabina kapotové karoserie pro osádku 4 nebo 5 cestujících.
- Nízký dveřní vstup pro oba modely – schody a stupačky do kabiny pro lepší nástup a výstup z vozidla konstruovat odchylně než je požadováno dle ČSN EN 1846-2.

- Výška podlahy kabiny, resp. výška prostoru v kabině – požadavek u obou modelů na dostatečnou výšku prostoru kabiny a zároveň, co možná nejnížší výšku její podlahy v daných prostorových mezích vozidla s ohledem na ergonomii pro osádku → komfort oblékání a vybavování se TPPO.
- Ergonomicky uspořádaný vnitřní prostor přední části kabiny pro řidiče a velitele i zadní části pro osádku s důrazem kladeným na dostatečný prostor pro sezení (ergonomie v oblasti ramen), pro nohy (ergonomie v oblasti velkých kloubů nohy). Zástavba TPPO provedena tak, aby nebyly sníženy vizuální a akustické vlastnosti mezi přední a zadní částí kabiny. Tento požadavek je prakticky řešitelný jen u modelu 1, u variant druhého modelu už bude prostor kabiny příliš malý pro ergonomickou optimalizaci.
- Větší průhledová plocha předního skla i boční kabinové prosklení umožňuje lepší orientaci řidiče, ale i posádky v silničním provozu (zvyšuje aktivní bezpečnost).
- Pro provoz v městské zástavbě je klíčové dobře vidět a být dobře viděn ostatními účastníky silničního provozu i za ztížených klimatických podmínek nebo v noci. Nutný požadavek na kvalitní osvětlení u provozních světlometů (xenonové výbojky, popř. systém pokročilého předního osvětlení vozidla AFS reagujícího na aktuální podmínky při provozu optimálním osvětlením) a u světelných výstražných zařízení (např. stroboskopické nebo LED žárovky) pro lepší viditelnost vozidla jedoucího k MU. Kvalitní osvětlení zvyšuje aktivní bezpečnost pro oba modely vozidel.

7.4. Další požadavky na šasi a kabinu

- U modelu č. 1 poháněná jedna, zadní náprava – pohon dán kolovou formulí 4x2. U modelu vozidla č. 2 poháněná také jedna náprava a v případě dodávkové koncepce je to však obvykle přední náprava.
- První model vozidla bude vybaven min. dvouokruhovými pneumatickými kotoučovými brzdami s vnitřním chlazením a obložením na obou nápravách pro stabilní brzdný účinek i při extrémním provozu (častém brždění v relativně krátkém časovém intervalu) s brzdovým posilovačem, retardérem a systémem ABS. Pro model č. 2 mohou být použity i kapalínové kotoučové brzy s chlazením na všech kolech (obou nápravách) pro stabilní brzdný účinek i při extrémním provozu s brzdovým posilovačem a systémem ABS.
- Model 1: velikost kol max. 19,5" s max. typickým rozměrem pneu 285/70, pneumatiky pro smíšený provoz – regionální nebo směs silniční a regionální. Model 2: velikost kol max. 17,5" s max. typickým rozměrem pneu 235/85, pneumatiky pro smíšený provoz – regionální. Velikost kol a šířka pneumatik ovlivňuje obrysový průměr zatáčení vozidla – viz měření dynamických parametrů v Kap. 6. 6.
- Nastavení rejdového ústrojí podvěsu podvozku tak, aby výsledný obrysový průměr zatáčení byl max. 15,5 m u modelu 1, resp. 14 m u modelu 2 dle Kap. 5.1. Přísnější požadavek než dle ČSN EN 1846-2, tab.7, která udává max. 17 m, resp. 15 m) → zlepšuje ovladatelnost a říditelnost v provozu.

- Důraz na dostatečně dimenzovaný systém odpružení náprav u obou variant vozidla s preferovaným vzduchovým odpružením – měkčí (progresivní) odpružení, variabilita světlé výšky vozidla, menší namáhání rámu a nástavby při přenosu zatížení.
- Z hlediska zlepšení jízdních vlastností při průjezdu zatáčkami a při podélném vyhýbání se překážkám v provozu včetně řešení kritických situací je doporučeno vybavit oba modely vozidla systémy aktivní bezpečnosti ASR (systém regulace prokluzu kol) a ESP (elektronický stabilizační program). Nejpozději do roku 2014 bude v EU při zavádění nového typu nákladního vozidla na trh nutnost vybavit toto vozidlo systémem ESP (zvyšování bezpečnosti vozidel schválené nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009, o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti).

8. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VÝBĚRU VHODNÉHO POŽÁRNÍHO AUTOMOBILU DO MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY

Posledním cílem, který si na počátku kladla tato práce, bylo zjistit, jak dalece lze realizovat původní představu a následně vydefinované modely požárních automobilů do městské zástavby v praxi v podmínkách HZS ČR. Tohoto cíle lze dosáhnout za pomoci průzkumu trhu s vytipovanou požární technikou, znalosti požadovaných vstupních technicko-taktických parametrů a použitím hodnotícího nástroje, který bude schopen uspořádat (vyhodnotit) vytipované varianty konceptů požárních automobilů dle celé škály vstupních, optimalizačních kritérií.

Zatímco v první části práce byly určeny požadované vstupní technicko-taktické parametry modelů pro účely definice optimalizačních kritérií a následně některé z nich ověřeny při zkouškách dynamiky CAS, tak v této části práce bude proveden průzkum trhu s mobilní požární technikou a multikriteriální optimalizace pomocí úloh vícekriteriálního hodnocení variant, jako vhodného hodnotícího nástroje. *„V reálných rozhodovacích situacích je třeba často vzít do úvahy, že se vlastní rozhodování (posuzování) variant děje podle několika optimalizačních kritérií, která nebývají zpravidla ve vzájemném souladu, tzn. varianta, která je nejlépe hodnocena dle jednoho kritéria, nebývá nejlépe hodnocena podle kritéria druhého. Cílem při analýze vícekriteriálních rozhodovacích úloh je řešit konflikt mezi vzájemně protikladnými kritérii. Výsledkem těchto úloh bývá uspořádání variant (od „nejlepší“ po „nejhorší“), je však nutné si uvědomit, že v multikriteriálních rozhodovacích úlohách tyto pojmy závisí na jejich definici, která vychází z vyjádření preferencí (vah kritérií) rozhodovatele či skupiny rozhodovatelů“ [37].*

8.1. Průzkum trhu s požární technikou

Pro tento úkol byla oslovena společnost THT Polička, s.r.o., která představuje jednu z největších a nejstarších společností zabývajících se výrobou požární techniky v ČR, jejíž historie sahá až do předminulého století. Novodobá historie firmy, která začala v roce 1994, přinesla specializaci firmy v oblasti výroby speciálních vozidel. Nosným programem se stala výroba požárních automobilů na sériových, komerčních šasi, resp. podvozcích nejenom české produkce, ale i zahraničních importérů nákladních automobilů. Zaváděním moderních technologií do výroby spolu s cílem zlepšovat jakost a konkurenceschopnost svých výrobků na trhu si uvedená společnost vydobyla přední místo mezi tuzemskými „nástavbáři“ zásahových požárních automobilů. Bylo tedy prioritou spolupracovat právě s touto firmou při hledání vhodných reprezentantů požárních automobilů pro provoz v městské zástavbě na základě vydefinovaných (optimálních) požadavků na jejich modely. Při koordinačních schůzkách, kde došlo k výměně důležitých realizačních informací, byly poskytnuty kompletní specifikace požadavků (viz Kap. 5, resp. Kap. 5.3 a 5.5) pro oba modely požárního automobilu s předurčením do provozu v městské zástavbě. Na jejich základě byly navrženy dvě skupiny možných variant (každému modelu vozidla odpovídala jedna skupina navržených studií požárních automobilů). V první fázi byla v každé skupině provedena širší nabídka možných variant požárních vozidel dle modelových požadavků. Ta byla následně po uvedené schůzce zúžena na konkrétní varianty (některé varianty byly vyřazeny díky nízké míře aproximace vzhledem k požadovaným parametrům), které byly dále detailněji rozpracovány dle zmíněných požadavků

a možností nabídky konkrétního výrobce šasi, resp. podvozku. Díky potřebě specifických technicko-taktických parametrů definovaných u obou modelů požárních vozidel, hrál významnou roli rozsah standardní i nestandardní výbavy a příslušenství jednotlivých funkčních celků šasi, resp. celého vozidla.

1. skupina variant

Pro 1. model požárního automobilu druhu CAS byly vytipovány tyto varianty (studie automobilů na základě nabídky výrobců šasi doplněné o technické specifikace účelové nástavby):

- Mercedes-Benz Atego 1226 F 4x2 (kritériální technická specifikace vozidla viz Obr. B.1 Přílohy B),
- Renault Midlum 300.12 4x2 (kritériální technická specifikace vozidla viz Obr. B.2 Přílohy B),
- MAN TGM 12.290 4x2 BL (kritériální technická specifikace vozidla viz Obr. B.3 Přílohy B).

2. skupina variant

Pro 2. model požárního automobilu druhu AS, resp. RZA byly vytipovány tyto varianty (studie automobilů na základě nabídky výrobců šasi doplněné o technické specifikace účelové nástavby):

- Renault Midlum 220.08 4x2 – dvě verze (kritériální technická specifikace vozidel viz Obr. B.4 Přílohy B),
- MAN TGL 8.250 4x2 BL (kritériální technická specifikace vozidla viz Obr. B.5 Přílohy B).

Výše uvedená nabídka variant požárních automobilů vhodných pro aplikaci do provozu v městské zástavbě a jejich technicko-taktické parametry se staly základem pro vyhodnocení vícekritériálními optimalizačními metodami [38, 39]. Původní představa byla, že bude provedena kritériální analýza s min. 5 reprezentanty pro každou skupinu variant požárních vozidel. Bohužel ve skutečnosti nebylo v možnostech realizátora průzkumu vydefinovat v konkrétním časovém období roku 2011 větší počet vhodných variant (konceptů požárních automobilů), které by splňovaly základní požadavky pro zahrnutí do kritériální analýzy.

8.2. Určení hodnotících kritérií pro analýzu

„Základním počátečním krokem multikritériální analýzy (MCA z anglického „Multicriterion analysis“) je sestavení vyhodnocovací, tzv. kritériální matice Y , jejíž prvky odrážejí vlastnosti daných variant (alternativ uvedených v Kap. 7.1) na základě určitého souboru kritérií. Matice Y se sestává z $i = 1, \dots, p$ variant (řádky matice) a $j = 1, \dots, k$ kritérií (sloupce matice). Hodnocení variant podle jednotlivých kritérií tvoří prvky této matice (y_{ij})“ [39]. Vyhodnocovací matice Y má pak tvar [39]:

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (30)$$

V případě našeho řešení tvoří hlavní vlastnosti vytipovaných požárních automobilů (skutečných variant) technicko-taktické parametry jejich podvozkové části. Pro účely výběru vhodných kritérií, které by nejlépe odrážely názorovou hladinu požadavků uživatelů z řad HZS ČR kladených na požární automobil pro provoz do městské zástavby, byla ustanovena expertní skupina dle doporučení literatury [40] zabývající se obdobnou tematikou. Ta byla složena z jedenácti kvalifikovaných odborníků (včetně zpracovatele disertační práce) z řad přímých uživatelů požárních automobilů (3 řidiči – strojníci s dlouholetou praxí), vytipovaných zástupců HZS krajů, GŘ HZS ČR, TÚPO, akademiků zabývajících se problematikou mobilní požární techniky na VŠB-TUO, resp. FŠI ŽU a odborníka na technickou konstrukci a návrh požárních vozidel ze společnosti THT. Na základě společného konsensu expertní skupiny byl schválen předložený návrh kritérií vyjadřující charakteristiky, resp. vlastnosti podvozkové části požárního automobilu do městské zástavby a provozně-ekonomické parametry, které byly podrobně rozebrány v první části práce.

Část účelové nastavby požárního vozidla a její parametry, které byly rovněž poměrně dobře rozebrány a některé i optimalizovány, nebyly v souboru kritérií pro hodnocení zastoupeny. Jedním z důvodů, proč nebyla část vozidlové nastavby řešena, byl ten, že uvedené skupiny variant požárních automobilů pro oba idealizované modely byly pouhými studiemi možného řešení požárního automobilu pro tuto aplikaci (žádná z nich nepředstavovala skutečný automobil, který by již byl některou z jednotek HZS ČR provozně využíván). Bylo by tedy bezpředmětné definovat kritéria pro nastavbu a sestavovat tuto část matice z optimalizovaných kritériálních hodnot (objem vodní nádrže, výkon čerpadla atd.) pro všechny nabízené reprezentanty, jelikož výrobci požární techniky realizují konkrétní požadavky na účelovou nastavbu až při skutečné poptávce v rámci mezi dané varianty (nabídky) šasi, resp. podvozku, kterou specifikuje její výrobce. Shodné kritériální hodnoty zatím nerealizované požární nastavby vydefinovaných konceptů požárních automobilů by tak neměly žádný vliv na výsledné hodnocení. Byla tedy použita jen taková hodnotící kritéria, u nichž výrobcem vnuknuté, inherentní kritériální hodnoty variant nabývaly různých hodnot v mezích nabídky výrobce šasi.

Na základě definovaných požadavků na požární automobil do městské zástavby bylo pro finální verzi kritériální matice vyspecifikováno celkem 15 kritérií ve čtyřech oblastech (některá kritéria byla z původní množiny vyřazena díky obtížné nebo nemožné kvantifikaci kritériálních hodnot variant), pomocí nichž se jednotlivé varianty vyhodnocovaly. Expertní skupina rovněž stanovila, že hodnotící kritéria budou společné pro obě skupiny variant požárních automobilů. U jednotlivých kritérií byla určena i jejich povaha, tedy zdali jsou maximalizačního typu (vyšší kritériální hodnota zajišťuje „lepší“ výsledek) nebo naopak minimalizačního, kde čím nižší kritériální

hodnotu bude mít daná varianta, tím výše, resp. „lépe“ bude hodnocena. Hodnotící kritéria s uvedením, zdali se jedná o max. nebo min. kritérium uvádí Tab. 28.

Tab. 28 Seznam kritérií pro multikriteriální analýzu hodnocení požárních automobilů

Hodnotící kritéria		
	KABINA	
K1	Min.	Šířka kabiny (vozidla)
K2	Min.	Výška kabiny (vozidla)
K3	Max.	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha)
K4	Max.	Průhledová plocha (rozměry) předního skla
	PODVOZEK	
K5	Min.	Délka podvozku (vozidla)
K6	Min.	Rozvor kol
K7	Min.	Světlá výška podvozku
K8	Min.	Obrysový (stopový) průměr zatáčení
K9	Max.	Nosnost podvozku
	POHÁNĚCÍ SOUSTAVA	
K10	Max.	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný)
K11	Min.	Dynamika (zrychlení) vozidla čas z 0 - 65 km/h
K12	Max.	Druh převodovky (auto-poloauto-man)
	EKONOMIKA PROVOZU	
K13	Min.	Pořizovací cena
K14	Min.	Cena vytipovaných náhradních dílů (přední sklo, boční zrcátko, přední kotouče a brzdové destičky, přední světlomet, nárazník)
K15	Min.	Náklady na servis za 10 let

Pozn. ekonomické ukazatele budou spočítány na cenu bez DPH, náklady na servis budou pro všechna vozidla kalkulovány při zajištění 24 měs. záruční (garanční) doby

8.3. Určení vah kritérií pro analýzu

Při aplikaci metod vícekritériálního rozhodování je největším problémem získávání vstupních dat a s tím související určování vah jednotlivých kritérií. „Získat váhy kritérií od rozhodovatele v numerické podobě je při větším počtu kritérií obvykle velmi problematické“ [37]. Pro usnadnění určení preferencí existují metody odhadu vah kritérií. V našem případě (určení vah kritérií hodnotících parametry podvozkové části a ekonomiky provozu požárního automobilu do městské zástavby) byly vybrány dvě metody, pomocí nichž byla určena důležitost (preferance) jednotlivých kritérií. Jednalo se o Bodovací metodu a Fullerův trojúhelník, které jsou popsány v literatuře [37, 38]. Ze zjištěných výsledků vah kritérií byla pro finální určení jejich důležitosti vybrána ta metoda, která lépe aproximovala skutečné preference mezi jednotlivými kritérii tak, jak je určila expertní skupina rozhodovatelů. Zatímco Bodovací metoda předpokládala, že rozhodovatelé kvantitativně ohodnotí jednotlivá kritéria a jejich

důležitost ve stupnici od 1 do 10 (výsledný odhad váhy i-tého kritéria se pak rovná podílu přiřazeného i-tého ohodnocení ze stupnice k sumě všech přiřazených bodových ohodnocení)

$$v_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^k p_i} \quad (31), \text{ tak metoda Fullerova trojúhelníku pracovala se schématem}$$

(trojúhelníkovým), ve kterém byly vyznačeny dvojice jednotlivých kritérií pro jejich párové porovnání. Z každé dvojice bylo vybráno (zvýrazněno) to kritérium, které se zdálo rozhodovateli důležitější, pokud však měla kritéria pro rozhodovatele stejnou důležitost, mohl vybrat obě dvě. V následující Tab. 29 a 30 je uveden konkrétní příklad určení odhadu vah kritérií pomocí Bodovací a Fullerovy metody.

Tab. 29 Odhad vah kritérií konkrétního rozhodovatele z expertní skupiny pomocí Bodovací metody

Bodovací metoda odhadu vah kritérií		
Hodnotící kritérium	Bodové ohodnocení	Váha i-tého kritéria
	p_i	V_i
K1	8	0,073
K2	6	0,055
K3	7	0,064
K4	4	0,037
K5	8	0,073
K6	9	0,083
K7	6	0,055
K8	10	0,092
K9	7	0,064
K10	9	0,083
K11	10	0,092
K12	9	0,083
K13	6	0,055
K14	5	0,046
K15	5	0,046
Suma	109	1,000

Tab. 30 Odhad vah kritérií konkrétního rozhodovatele ze skupiny pomocí metody Fullerova trojúhelníku

Odhad vah kritérií pomocí Fullerova trojúhelníku																	
Trojúhelníkové schéma párového hodnocení preferencí															Hodnotící kritérium	Bodové ohodnocení	Váha i-tého kritéria
																pi	Vi
K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1 K1	K1	11	0,087														
K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K2	7	0,055														
K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2 K2	K3	8	0,063														
K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K4	2	0,016														
K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3 K3																	
K4 K5 K6 K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K5	7	0,055														
K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4 K4	K6	11	0,087														
K5 K6 K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K7	7	0,055														
K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5 K5	K8	13	0,102														
K6 K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K9	6	0,047														
K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6 K6																	
K7 K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K10	13	0,102														
K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7 K7	K11	14	0,11														
K8 K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K12	13	0,102														
K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8 K8																	
K9 K10 K11 K12 K13 K14 K15	K13	8	0,063														
K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9 K9	K14	2	0,016														
K10 K11 K12 K13 K14 K15	K15	5	0,039														
K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10 K10	Suma	127	1,000														
K11 K12 K13 K14 K15																	
K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11 K11																	
K12 K13 K14 K15																	
K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12 K12																	
K13 K14 K15																	
K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13 K13																	
K14 K15																	
K14																	
K15																	

Pozn. červeně označené kritérium je při párovém porovnání hodnoceno jako důležitější

V předchozí části byly představeny metody pro určování odhadu vah kritérií, které mohou jednotlivým uživatelům, resp. rozhodovatelům pomocí vyjádřit rozložení důležitosti mezi jednotlivými kritérii. Jak je možné vidět v předchozích tabulkách, suma všech vah kritérií se vždy rovná jedné, resp. hodnotě 100 %, což umožňuje vyjádřit důležitost kritérií procentuálně (poměrně časté vyjádření). „Je pochopitelné, že ať už použijeme některou z těchto nebo i jiných metod, popř. vyjádříme váhy přímo procenty bez jejich pomoci, vždy se bude jednat o subjektivní názor jedné osoby. Aby byl výsledný vektor vah co nejobjektivnější, je nutné získat pokud možno co největší vzorek různých vektorů a po případných statistických úpravách tak obdržet objektivnější vyjádření kritérií“ [38]. I s ohledem na výše uvedené, bylo prioritou

zajistit objektivnost analýzy formou oslovení a ustanovení expertní skupiny, jejíž členové se při společné schůzce vyslovili pro akceptaci Fullerovy metody, jako přijatelnějšího nástroje pro přesnější odhad vah jednotlivých kritérií. Týmu odborníků byly předloženy k posouzení jednotlivá kritéria. Výsledkem byl soubor vektorů vah (vstupních údajů) od každého experta, který byl dále statisticky zpracován do jediného vektoru vyjadřujícího objektivně důležitost kritérií. Statistické zpracování vah kritérií bylo provedeno pomocí softwaru MCA7 [38], který má v sobě implementovanou funkci umožňující z různých hodnot vah pro jednotlivá kritéria extrahovat takové váhy, které budou nejvěrněji reprezentovat rozdílné názory odborníků. Touto funkcí je Mediánová souřadnice, která umožní zpracovat náhodný výběr a vyloučit přitom hodnoty, jež se vymykají statistickému průměru (tzv. odlehlá pozorování).

$$\text{Pro Mediánovou souřadnici platí [38]: } \frac{x_i - med}{1,483 \cdot MED} > ; \quad (32)$$

kde: x_i – zkoumaný prvek souboru,

med – medián souboru prvků,

MED – medián absolutních odchylek od mediánu daného souboru prvků.

Výsledný vektor vah kritérií (viz Tab. 31) získaný statistickým zpracováním byl následně doplněn jako vstupní údaj do rozhodovací kritériální matice Y , kterou využívaly metody vícekritériální analýzy v softwarovém nástroji MCA8 [39] k hodnocení a uspořádání dvou skupin variant podvozkových částí automobilů vyspecifikovaných (podle dvou modelů) pro aplikaci požárního automobilu do intravilánu města.

Tab. 31 Výsledek statistického zpracování vah kritérií

Finální odhad vah kritérií pomocí Mediánové souřadnice		
Hodnotící kritérium	Váha i-tého kritéria	
	V_i	V_i (%)
K1	0,087	8,70%
K2	0,0531	5,31%
K3	0,0641	6,41%
K4	0,0245	2,45%
K5	0,0699	6,99%
K6	0,0854	8,54%
K7	0,0283	2,83%
K8	0,1099	10,99%
K9	0,0697	6,97%
K10	0,0924	9,24%
K11	0,0905	9,05%
K12	0,08	8,00%
K13	0,0518	5,18%
K14	0,0334	3,34%
K15	0,0601	6,01%
Suma	1,000	100,0%

8.4. Metody pro vícekritériální hodnocení variant

„Program MCA8 je určen pro podporu vícekritériálního rozhodování. Usnadňuje řešení rozsáhlejších vícekritériálních úloh, tedy úloh charakteristických velkým počtem hodnocených variant (možných alternativ řešení) a velkým počtem hodnotících kritérií. Pro řešení takovýchto úloh nabízí MCA8 celkem šest různých matematických metod MCA (multikritériální analýzy), a sice“ [39]:

- Metoda váženého součtu - WSA (Weighted Sum Approach),
- Metoda ideálních bodů - IPA (Ideal Points Analysis),
- Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),
- Metoda shody a neshody - CDA (Concordance Discordance Analysis),
- Metoda AGREPREF (Aggregation Preferences),
- Metoda PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations).

Výsledkem aplikace zmíněných metod, které patří k těm nepoužívanějším při kritériálním rozhodování na konkrétní rozhodovací úloze jsou pořadí (pro každou metodu jedno) hodnocených variant, uspořádaných od nejlepší varianty po variantu nejhorší. V případě naší úlohy zjišťování pořadí variant požárních automobilů do městské zástavby byly užity první čtyři metody. Řešení metodami AGREPREF a PROMETHEE není triviální záležitostí a není účelem tohoto textu je zde dále popisovat.

Vstupní data pro výpočet zmíněnými metodami MCA [39]:

- *Kritéria* – Na jejich základě se vyhodnocují varianty. Při jejich zadávání je nutné určit jejich váhy nebo-li důležitost, dále rozlišení, jedná-li se o tzv. maximalizační či minimalizační kritérium.
- *Varianty* – Možné alternativy řešení, u nichž se rozhoduje o jejich pořadí (od nejlepší varianty po nejhorší). U jejich zadávání se požadují hodnoty všech zvolených kritérií pro jednotlivé varianty (tzv. kritériální hodnoty variant).

Metody vícekritériální analýzy použité v aplikaci MCA8 vyžadují zadání kardinální (hlavní) informace o relativní důležitosti kritérií. Ta je vyjadřována pomocí jediného vektoru vah kritérií [39]:

$$\bar{v} = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{j=1}^k v_j = 1, \quad v_j \geq 0 \quad (33)$$

Čím vyšší je váha kritéria, tím je dané kritérium v rozhodovací úloze důležitější.

Dle principu výpočtu, který metody využívají, je možné tyto metody obecně rozdělit na [39]:

- Metody s maximalizací užitku,
- Metody s minimalizací vzdálenosti od ideální varianty,
- Metody s vyhodnocováním variant na základě preferenční relace.

Výhodou programu MCA8 oproti starší verzi MCA7 je grafická nástavba programu (ve formě interaktivních sloupcových grafů), která umožňuje provádět tzv. citlivostní analýzu. Pomocí tohoto nástroje lze ihned zjišťovat, jaký dopad má změna vstupních parametrů rozhodovací úlohy (vah kritérií) na její výsledky (hodnocení variant).

V následujících kapitolách jsou podrobně teoreticky popsány metody vícekritériálního hodnocení variant, s nimiž program MCA8 pracoval při zpracování úlohy hodnocení požárních automobilů.

8.4.1. Metoda váženého součtu – WSA [39]

„Metoda WSA vychází z principu maximalizace užitku, dopouští se však zjednodušení v tom, že předpokládá pouze lineární funkci užitku. Postup výpočtu touto metodou je následující. Nejprve vytvoříme normalizovanou kritériální matici $R=(r_{ij})$, jejíž prvky získáme z kritériální matice $Y=(y_{ij})$ pomocí transformačního vzorce:

$$r_{ij} = \frac{Y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (34)$$

Matice R již představuje matici hodnot užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria. Podle výše uvedeného vzorce lineárně transformujeme kritériální hodnoty tak, že $r_{ij} \in [0,1]$, přičemž D_j je minimální hodnota kritéria ve sloupci j a H_j je maximální hodnota kritéria ve sloupci j . Tento vzorec se používá v případě, že kritérium v daném sloupci j je považováno za maximalizační. Pro případ minimalizačního kritéria lze provést normalizaci takového sloupce v matici přímo použitím vztahu:

$$r_{ij} = \frac{H_j - Y_{ij}}{H_j - D_j} \quad (35)$$

Při použití aditivního tvaru vícekritériální funkce užitku je pak užitek varianty a_i roven:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot r_{ij} \quad (36)$$

Varianta, která dosáhne maximální hodnoty užitku je vybrána jako „nejlepší“, případně je možno uspořádat varianty podle klesající hodnoty užitku“ [39].

8.4.2. Metoda ideálních bodů – IPA [39]

„Tato metoda vychází rovněž z principu maximalizace užitku. Tak jako u metody WSA, i zde se musí nejprve provést normalizace kritériální matice (viz Kap. 7.4.1). Při použití aditivního tvaru vícekritériální funkce užitku je pak užitek varianty a_i roven:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot (1 - r_{ij}) \quad (37)$$

Podle vypočítaných hodnot užitku je možné varianty uspořádat. Zde je ovšem nejlepší variantou ta s nejnižší hodnotou užitku“ [39].

8.4.3. Metoda TOPSIS [39]

„V případě této metody se jedná o princip minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Ideální variantou se nazývá varianta, pro kterou všechny hodnoty kritérií dosahují nejlepších hodnot. Je variantou většinou hypotetickou. Jako nejlepší varianta je určena ta, která je podle určité metriky nejbližší k této ideální variantě a zároveň nejdále od tzv. bazální (nejhorší) varianty. Nejprve se konstruuje normalizovaná kritériální matice $R=(r_{ij})$, kde pro výpočet normalizovaných hodnot je navržen vzorec:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (y_{ij})^2}} \quad ; \quad i=1,2,\dots,p, \quad ; \quad j=1,2,\dots,k \quad (38)$$

Následně se vypočítá vážená kritériální matice W tak, že se každý j -tý sloupec normalizované matice R násobí odpovídající váhou v_j :

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 r_{11} & v_2 r_{12} & \dots & v_k r_{1k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_1 r_{p1} & v_2 r_{p2} & \dots & v_k r_{pk} \end{bmatrix} \quad (39)$$

Dále se určí ideální varianta (H_1, H_2, \dots, H_k) a bazální varianta (D_1, D_2, \dots, D_k) vzhledem k hodnotám ve vážené kritériální matici. Platí, že: $H_j = \max_i(w_{ij})$ a, $D_j = \min_i(w_{ij})$.

Další krok spočívá ve výpočtu vzdáleností variant od ideální varianty:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - H_j)^2} \quad ; \quad i=1,2,\dots,p \quad (40)$$

a vzdáleností variant od bazální varianty:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - D_j)^2} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (41)$$

V obou případech je použita Euklidova míra vzdálenosti. Následuje výpočet relativního ukazatele vzdáleností variant od bazální varianty:

$$c_i = \frac{d_i^+}{d_i^+ - d_i^-} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (42)$$

Pro hodnoty c_i platí:

$$\begin{aligned} 0 &\leq c_i \leq 1 \\ c_i = 0 &\Leftrightarrow a_i \approx (D_1, D_2, \dots, D_k) \\ c_i = 1 &\Leftrightarrow a_i \approx (H_1, H_2, \dots, H_k) \end{aligned} \quad (43)$$

Varianty se nakonec seřadí podle klesajících hodnot ukazatele c_i , čímž se získá úplné uspořádání všech variant [39].

8.4.4. Metoda shody a neshody – CDA [39]

„Metoda CDA je založena na porovnávání variant po dvojicích. Měří stupeň, kterým varianty a váhy kritérií potvrzují nebo vyvracejí tzv. vyřazovací vzájemný poměr mezi variantami. Rozdíly ve vahách kritérií a hodnocení variant jsou pomocí postupů shody a neshody analyzovány odděleně. Metoda při výpočtu vychází z normalizované kritériální matice (viz Kap. 7.4.1). Výpočet touto metodou je založen na určení následujících indexů:

- Index shody varianty a_1 s variantou a_2 - je definován jako podíl součtu vah těch kritérií, pro která je normalizované hodnocení a_1 větší nebo rovno normalizovanému hodnocení a_2 a součtu vah všech kritérií:

$$C_{a_1 a_2} = \frac{\sum v_j (r_{a_1 j} \geq r_{a_2 j})}{\sum v_j} \quad (44)$$

- Index neshody varianty a_1 s variantou a_2 - je definován jako podíl, kde čítec je roven maximálnímu rozdílu vážených normalizovaných hodnocení, pro která je normalizované hodnocení a_1 menší než normalizované hodnocení a_2 a jmenovatel je roven maximálnímu rozdílu vážených normalizovaných hodnocení všech variant pro kritérium vykazující maximální hodnotu výše definovaného čitatele:

$$D_{a_1 a_2} = \frac{D1}{D2} = \frac{\max_j (v_j \cdot r_{a_2 j} - v_j \cdot r_{a_1 j}) (r_{a_1 j} < r_{a_2 j})}{\max_i v_m \cdot r_{im} - \min_i v_m \cdot r_{im}} \quad (45)$$

kde : $m = j$ při $D1 = \max$

- Celkový index shody varianty a_1 - získáme ho jako součet všech indexů shody varianty a_2 vzhledem ke všem ostatním:

$$C_{a_1} = \sum_{j=1}^k C_{a_1j} \quad (46)$$

- Celkový index neshody varianty a_1 - získáme ho jako součet všech indexů neshody varianty a_2 vzhledem ke všem ostatním:

$$D_{a_1} = \sum_{j=1}^k D_{a_1j} \quad (47)$$

Posledním krokem je seřazení jednotlivých variant podle maximálního indexu shody a minimálního indexu neshody. Výsledné hodnocení dané varianty se získá dle vztahu:

$$CDA_i = I - C_i + D_i \quad (48)$$

kde I je počet variant.

Varianty je možno seřadit podle rostoucí hodnoty indexu CDA .“ [39].

8.5. Vlastní realizace multikriteriální analýzy a výsledné hodnocení požárních automobilů

Vzhledem k časovým průtahům na straně importérů a výrobců komerčních šasi, resp. podvozkových částí při zasílání jednotlivých specifických technických parametrů (kriteriálních hodnot) vytipovaných konceptů požárních automobilů muselo být přistoupeno k redukci původního souboru 15 hodnotících kritérií na 12 optimalizačních parametrů, které se od výrobců nákladních vozidel podařilo v reálném čase získat.

Z původního souboru kritérií byla díky absenci kriteriálních hodnot variant vyškrtnuta tato kritéria:

- Kritérium K11: Dynamika (zrychlení) vozidla – mělo v původním vektoru vah třetí nejvyšší preferenci, což naznačovalo, že se jednalo o jedno z nejpodstatnějších kritérií (parametrů), který měl potenciál zásadním způsobem ovlivňovat výsledky rozhodovací úlohy dle míry difference vstupů.
- Kritérium K13: Cena vytipovaných náhradních dílů – mělo daleko méně podstatný význam než výše uvedené kritérium, nicméně v úloze se vyskytovala kritéria i s nižší důležitostí.
- Kritérium K15: Náklady na servis za 10 let – dle názorů rozhodovatelů se jednalo o nejpodstatnější ekonomický parametr. Jeho důležitost se tak mohla projevit při větších diferencích ceny servisu u jednotlivých výrobců vozidel.

Protože došlo ke změně počtu hodnotících kritérií musely být přepočítány i jednotlivé váhy ve Fullerově trojúhelníku, kterému klesl počet párových porovnání kritérií ze 105 vzájemných dvojic na 66. Uvedené snížení párových porovnání preferencí kritérií se odrazilo i na větší diferenci mezi jednotlivými odhadnutými váhami v souboru vektorů vah kritérií v porovnání s původními hodnotami u všech rozhodovatelů. Uvedená skutečnost se také projevila i na výsledném vektoru vah kritérií, který byl získán stejným způsobem jako původní vektor, tedy statistickým zpracováním subjektivního hodnocení důležitosti celkem 11 vektorů kritérií od všech rozhodovatelů pomocí aplikace MCA7 a její funkce - Mediánové souřadnice. Výsledný vektor vah kritérií (viz Tab. 32) získaný statistickým zpracováním (výstupy z aplikace MCA7 uvedeny v příloze B, Obr. B.6) byl následně doplněn jako vstupní údaj do rozhodovací kritériální matice.

Tab. 32 Výsledek statistického zpracování vah kritérií

Finální odhad vah kritérií pomocí Mediánové souřadnice		
Hodnotící kritérium	Váha i-tého kritéria	
	V_i	V_i (%)
K1	0,1070	10,70%
K2	0,0647	6,47%
K3	0,0773	7,73%
K4	0,0137	1,37%
K5	0,0862	8,62%
K6	0,1118	11,18%
K7	0,0357	3,57%
K8	0,1383	13,83%
K9	0,0898	8,98%
K10	0,1171	11,71%
K11	0,0980	9,80%
K12	0,0603	6,03%
Suma	1,000	100,0%

Jakmile byla získána vstupní data jednotlivých variant (technické specifikace požárních automobilů ve vztahu ke kritériálním hodnotám), která doplnila vstupní data statisticky zpracovaných vah kritérií od jednotlivých rozhodovatelů, mohlo se přistoupit ke konstrukci rozhodovací (kritériální) matice vícekritériálního hodnocení variant prostřednictvím aplikace MCA8. Sloupce kritériální matice tvořily konkrétní parametry šasi a ekonomické ukazatele doplněné hlavičkou označující preferenci (váhy) jednotlivých parametrů, řádky matice pak tvořily jednotlivé varianty vozidel podrobené analýze. Většina kritérií byla vyjádřena určitou porovnatelnou kvantitativní hodnotou, pouze kritérium dle nového uspořádání kritérií č. 11 (K11, „druh převodovky“) bylo kvalitativní, což muselo být v rámci analýzy vyřešeno definováním diskrétních hodnot odpovídajících konkrétní vlastnosti automobilu všech reprezentantů podrobených analýze (druh převodovky: automatická = 1; poloautomatická (robotizovaná) = 0,5; manuální = 0). Při definování těchto diskrétních hodnot pro

kvantitativní vyjádření kvalitativního kritéria však může dojít v případě shodných kritériálních hodnot všech variant podrobených analýze k situaci, kdy metoda WSA, resp. IPA není schopna provést hodnocení, jelikož rozdíl stejných hodnot ve vzorci (34), resp. (35) bude ve jmenovateli roven nule, což znamená, že daný prvek kritériální matice není definován reálným číslem. Abychom se tomuto problému vyhnuli a zároveň zachovali potřebnou objektivnost rozhodovací úlohy, musíme jednu nebo více kritériálních hodnot upravit tak, aby byla různá od ostatních (shodných) hodnot. Zároveň musí být tento rozdíl tak malý, aby se neprojevil při hodnocení variant. Toto odladění výsledků probíhalo vždy pro všechny varianty, až do doby než se našla rovnovážná, objektivní hodnota.

Varianta z každé skupiny vozidel, hodnocená jako nejlepší s ohledem na určení vah kritérií a míru difference od idealizovaného návrhu modelu, byla doporučena pro realizaci konkrétního typu požárního automobilu v praxi. S ohledem na zadání a vydefinování dvou modelů požárních automobilů do městské zástavby byla analyzována zvlášť skupina variant požárních automobilů ze střední hmotnostní třídy, která čítala 3 vytipované reprezentanty a zvlášť druhá skupina variant z lehké hmotnostní třídy, která měla také 3 varianty. Kritériální matice obsahující data variant 1. skupiny (požárních automobilů hm. třídy M) je uvedena na Obr. B.7 v Příloze B, stejně jako data z 2. skupiny variant (požárních automobilů hm. třídy L) uvedená na Obr. B.8.

Výsledky kritériální analýzy pro první skupinu požárních vozidel z hmotnostní třídy M (předpoklad užití v praxi jako CAS), v pořadí od „nejlepší“ (optimální) varianty vozidla až po tu nejméně vhodnou, dle stanovených preferencí, udává následující tabulka hodnot (Tab. 33). Konkrétní grafický výstup rozhodovací úlohy je uveden na Obr. B. 9 v Příloze B.

Tab. 33 Výsledková tabulka vícekritériálního hodnocení variant první skupiny vozidel

Kritériální hodnocení variant požárních automobilů hm. tř. M					
	Metoda VHV (MCA)				Výsledné pořadí
Varianta	WSA	IPA	TOPSIS	CDA	
<i>M-B Atego 1226 F 4x2</i>	0,435 (3)	0,565 (3)	0,371 (3)	2,804 (2)	3.
<i>Renault Midlum 300.12 4x2</i>	0,71 (1)	0,29 (1)	0,599 (1)	1,896 (1)	1.
<i>MAN TGM 12.290 4x2 BL</i>	0,469 (2)	0,531 (2)	0,472 (2)	2,941 (3)	2.

Z představených studií požárních automobilů střední hmotnostní třídy byla multikritériální analýzou stanovena optimální varianta, a to v podání *Renaultu Midlum 300.12 4x2*, která byla zároveň doporučena z uvedené skupiny variant pro realizaci zásahového požárního automobilu v provedení CAS pro provoz v městských aglomeracích.

Výsledky kritériální analýzy pro druhou skupinu požárních vozidel z hmotnostní třídy L (předpoklad užití v praxi jako AS nebo RZA), v pořadí od „nejlepší“

(optimální) varianty vozidla až po tu nejméně vhodnou, dle stanovených preferencí, udává následující tabulka hodnot (Tab. 34). Konkrétní grafický výstup rozhodovací úlohy je uveden na Obr. B. 10 v Příloze B.

Tab. 34 Výsledková tabulka vícekritériálního hodnocení variant druhé skupiny vozidel

Kritériální hodnocení variant požárních automobilů hm. tř. L					
	Metoda VHV (MCA)				Výsledné pořadí
Varianta	WSA	IPA	TOPSIS	CDA	
<i>Renault Midlum (1) 220.08 4x2</i>	0,739 (1)	0,261 (1)	0,835 (1)	1,307 (1)	1.
<i>Renault Midlum (2) 220.08 4x2</i>	0,496 (2)	0,504 (2)	0,427 (3)	2.971 (2)	2.
<i>MAN TGL 8.250 4x2 BL</i>	0,45 (3)	0,55 (3)	0,472 (2)	3,062 (3)	3.

Z představených konceptů požárních automobilů lehké hmotnostní třídy byla na základě multikritériální analýzy doporučena pro realizaci zásahového požárního automobilu v provedení AS, resp. RZA varianta *Renaultu Midlum 220.08 4x2* ve verzi (1) s tuhým, mechanickým odpružením zadní nápravy pomocí parabolických listových pér.

Provedenou citlivostní analýzou výsledných řešení výše prezentované rozhodovací úlohy byly získány tyto informace o chování systému:

- Na základě změny vstupních dat (vah kritérií) bylo zjištěno, že výsledná, optimální varianta automobilu *Renault Midlum 300.12 4x2* není plně dominantní nad ostatními variantami. Pokud by se změnila preference rozhodovatelů, především z hlediska důležitosti výbavy vozidla automatickou převodovkou jako hodnotícího kritéria (váha kolem cca 30%), pak by došlo ke změně optimální varianty vozidlem *MAN TGM 12.290 4x2 BL*. Stejně tak by došlo ke změně optimální varianty tímto vozidlem v případě superpozice dvou kritérií, a to „délky vozidla“ a „rozvoru kol“ při nastavené úrovni preferencí těchto kritérií kolem 20 %. Vozidlo *M-B Atego 1226 F 4x2* by mohlo dominovat variantu vozidla *MAN TGM 12.290 4x2 BL* v případě, že by důležitost kritéria „šířka vozidla“ byla stanovena skupinou odborníků na úrovni 16 %, resp. „nosnost podvozku“ určena s 20 % preferencí tohoto kritéria.
- Při srovnání hodnocených parametrů variant požárních automobilů ze střední hm. třídy s definovanými parametry jejich teoretického modelu lze konstatovat, že byly ve většině případů min. teoretické požadavky splněny, což lze považovat za úspěch. Nicméně stále některé parametry (kritériální hodnoty) ne zcela vyhovovaly potřebným požadavkům. Mezi ně patří především: měrný hmotnostní výkon, délka vozidla a rozvor kol.

- Z hlediska kritériálních hodnot a odhadnutých vah kritérií druhé skupiny požárních vozidel z lehké hm. třídy lze konstatovat, že pokud by rozhodovatelé určili ještě vyšší preferenci (cca 18 %, resp. 25%) již tak dvou nejdůležitějších kritérií „měrný hmotnostní výkon“, resp. „obrysový průměr zatáčení“, pak by se varianta vozidla *MAN TGL 8.250 4x2 BL* mohla posunout na druhé místo v pořadí hodnocení před vozidlo *Renault Midlum 220.08 4x2* verze (2), které mělo tyto kritériální hodnoty (parametry) nižší, resp. horší.
- Hodnocená optimální varianta *Renaultu Midlum 220.08 4x2* ve verzi (1) je při reálném určení vah kritérií v dané rozhodovací úloze dominantní, a to díky poměrně velmi dobrým parametrům, které věrně aproximovaly a v některých případech i značně předčily požadavky, které byly určeny pro teoretický model tohoto požárního vozidla v dřívější části práce.

Představená rozhodovací úloha splnila cíl, jehož záměrem bylo zjistit, jak dalece jsou schopny dnešní požární automobily, byť ve formě pouhé studie požárního automobilu, vyspecifikované na základě poptávky výrobce požární techniky u dodavatelů a výrobců vozidlových šasi, resp. podvozků, splnit optimalizované teoretické požadavky na technicko-taktické parametry šasi, popř. i nástavby. Lze tedy konstatovat, že individuální nabídkou dnešních sériově vyráběných šasi nákladních vozidel můžeme vytvořit specifický požární automobil, který bude mít požadované vlastnosti pro provoz v městské aglomeraci a přitom bude vyhovovat z hlediska základních takticko-operativních ukazatelů.

V rámci úlohy musela být redukována některá původně definovaná kritéria, protože nebyla možnost pro jednotlivé varianty požárních automobilů obsadit tato kritéria validními hodnotami. Dále bylo zjištěno, že sice lze na základě uvedených požadavků na automobil do městské zástavby vydefinovat dva funkčně a typově odlišné modely, nicméně reálná možnost variantního výběru konkrétních vozidel splňujících aspoň základní představy je dosti omezená, o čemž svědčí i počet variant podrobených analýze.

Námětem zpracovatele pro další aplikovatelnost rozhodovacích úloh hodnotících vhodnost určitého druhu požárního automobilu, je provést kritériální hodnocení např. konvenčních vozidel, které byly podrobeny v rámci této disertační práce měření dynamických vlastností na letišti v Havlíčkově Brodě, protože u těchto vozidel můžeme zajistit kompletní technické specifikace, včetně validních specifických parametrů, s jejichž získáním a hlavně poskytnutím mají obvykle i sami výrobci automobilů problémy.

9. DOPORUČENÍ DALŠÍHO POSTUPU

V této kapitole jsou stručně nastíněny další úkoly pro to, aby mohly být výsledky optimalizace modelů požárních automobilů a ověřování jejich technických parametrů pomocí jízdních zkoušek efektivně využitelné v praxi.

Na straně definovaných modelů požárních automobilů se nabízí možnost vyspecifikovat i jiné varianty, než ty, které uvedla disertační práce. Nicméně je třeba mít na paměti, že výběr ze škály šasi, resp. podvozků dle celkové hmotnosti určující zařazení v hmotnostní třídě vozidla je omezený, a to i díky požadavkům, které jsou na danou třídu požárního automobilu kladeny. Dalším argumentem jsou pak letité zahraniční zkušenosti a jejich skutečně provozované varianty požárních automobilů typu CAS a AS v hustě zastavěných a silniční dopravou ovlivněných vnitřních částech měst. Vyspecifikováním základních požadavků na část šasi s kabinou a následně i na část účelové nástavby byly učiněny první kroky k faktické realizaci konceptu zásahového automobilu do městské zástavby v podmínkách HZS ČR. Jestli se nakonec v praxi osvědčí definovaný model ze střední nebo lehké hmotnostní třídy je v této fázi předčasné spekulovat, nicméně potenciál pro vyšší míru užití má jednoznačně model CAS. U lehké varianty automobilu (AS, resp. RZA) do městské zástavby je nutno počítat s omezeným prostorem v nástavbě, který se může projevit nedostatkem místa pro vydefinovanou výbavu. Tato práce sice pro uvedené vozidlo nastínila možnou výbavu, je ale doporučujícím řešením v budoucnu pokračovat v hledání a určení vhodné skladby požárního příslušenství, které bude svým způsobem specifické (redukce prostorových a hmotnostních parametrů), odpovídající záměru využití vozidla v podmínkách HZS ČR a standardizaci jeho parametrů ve spolupráci s výrobcí požární techniky. Z průzkumu trhu mezi lehkými nákladními vozidly také vyplynulo, že výběr vozidel vhodných pro zástavbu požární účelovou nástavbou s jejími specifiky kladenými na šasi (např. pomocný pohon) je poměrně omezený. Jako problémové se jeví využití dodávkových koncepcí podvozků, které se podobají technickým provedením spíše osobním automobilům než plnohodnotným nákladním vozidlům s uspořádáním motoru a pohonu v ortodoxní koncepci (zde není problém s vyvedením pomocného pohonu na vodní čerpadlo nástavby).

Z hlediska dynamických vlastností vozidel zjištěných akceleračními testy při zkouškách požárních automobilů CAS v Kap. 6.4 lze konstatovat, že výsledky věrně aproximovaly skutečné možnosti jednotlivých reprezentantů podrobených zkoušení (minimální směrodatné odchylky). Zjištěné průběhy při zkouškách směrové stability naznačily, že měření bylo ovlivněno poměrně významnými dynamickými ději (kmitáním) kolem referenčních hodnot způsobenými odpružením jednotlivých částí automobilů CAS. Ze zaznamenaných dat bylo zřejmé, že v některých okamžicích nešlo zcela jednoznačně určit, zdali kmitavý děj způsobil ovlivnění průběhu měřeného signálu (odpružením podvozku, nástavby, resp. nádrže na vodu a kabiny), který představoval vyšší podíl na výsledku než skutečně měřená úroveň veličiny. Podstatným se tak ukázala absence korekce klonění a klopení karoserie, resp. podvozku vozidel. Díky složité logistice nemohly být použity laserové snímače výšky HT 250 (ÚADI VUT), které umožňují korigovat příčné (boční) zrychlení vlivem klonění vozidla. Tímto mohla být zásadně ovlivněna nejistota (chyba) měření stability v příčném směru.

Je proto nutné hledat přesnější a vhodnější hodnotící kritéria (veličiny) pro následná měření v budoucnu. Bylo zjištěno, že klasická metodologie zkoušek směrové stability

vozidel, která vychází zpravidla ze zkoušek osobních a nákladních automobilů ne zcela vhodně aproximuje výsledné hodnoty pro nákladní vozidla určená pro hasičské využití. Pro kvalitní (validní) posouzení dynamických a stabilizačních vlastností, popř. charakteristik bude nutné pokračovat ve výzkumu a zkoušení již pouze jednoho vytipovaného reprezentanta požárního automobilu CAS ve spolupráci s některým z tuzemských výrobců požární techniky. Na základě získaných dat a výsledků z jeho testování bude možné navrhnout specifickou metodiku jízdních zkoušek, která by nežádoucí přidružené dynamické děje v měřených průbězích a výsledcích eliminovala na potřebnou úroveň a mohla efektivně zjišťovat např. vliv změny konstrukce nebo zatížení požární nástavby (nádrže na vodu) na těžiště a stabilitu vozidla. Při hledání takovéto metodologie bude zapotřebí zjistit, jakým způsobem a jak dalece jsou dané zkoušky ovlivněny vlastním charakterem jízdy (manévru) řidiče a snažit se o jeho maximální eliminaci ve vztahu k výsledkům. Jen takto bude dosaženo potřebné úrovně přesnosti dat při měření (zkoušení) a porovnávání CAS z určitého definovaného souboru vozidel pro konkrétní aplikaci. V případě zajištění exaktních hodnot při zkoušení příslušnou metodikou, by bylo možné měřicí systém použít nejen pro ověřování, ale také pro zjišťování požadovaných technických parametrů požárních automobilů v TUPO, v jehož gesci je výzkum a vývoj v oblasti požární techniky.

Představené řešení rozhodovací úlohy týkající se výběru optimální varianty požárního automobilu do městské zástavby vůči definovaným modelům bylo aplikováno s důrazem na co největší objektivnost určení vah stanovených kritérií, které představují nejdůležitější část vstupních dat pro analýzu (postup dle doporučení literatury [40]). Pouze skupina expertů složená z širokého spektra odborníků je schopna sofistikovaně definovat základní požadavky kladené na varianty, které se podrobí kritériálnímu hodnocení. V kombinaci s programovým nástrojem MCA7 pro určení statistické střední hodnoty vah různých názorů rozhodovatelů a programem MCA8, který umožňuje citlivostní analýzu změnou vstupních dat (vah kritérií), je tato metodologie poměrně dobře pochopitelná, rychlá, účelná a efektivní. V případě užití Saatyho metody v budoucnu, která je asi nejpropracovanější, ale také poměrně náročnou metodou odhadu vah kritérií (klade větší nároky na způsob ohodnocení rozhodovatelem) spolu s vyjmenovanými programovými aplikacemi, je možno provést hodnocení jakéhokoli typového určení požárního automobilu. V zásadě to znamená, že se jedná o univerzální nástroj pro jakoukoli rozhodovací úlohu použitelnou v podmínkách HZS ČR při hledání vhodných reprezentantů požárních automobilů pro konkrétní případ užití, což umožňuje zavést unifikaci jednotlivých druhů. Dalším krokem navazujícím na tuto práci, je aplikace výše uvedené rozhodovací úlohy na dnes užívané, konvenční požární automobily u jednotek HZS krajů, díky které by se získaly další podklady pro hodnocení jejich parametrů a vlastností vhodných pro užití konkrétních reprezentantů ve specifických městských aglomeracích. Doporučil bych věnovat dostatečnou pozornost možnostem získu kompletních a validních technických specifikací hodnocených variant automobilů, což se v této práci i přes veškeré úsilí zpracovatele v koordinaci s THT zcela nepodařilo, protože výrobci šasi požárních automobilů nebyli v řádech měsíců schopni zajisti a dodat potřebná vstupní data pro analýzu.

10. ZÁVĚR

Disertační práce byla zaměřena na vytvoření reálného návrhu nového konceptu zásahového požárního automobilu použitelného pro jednotky PO v rámci HZS ČR. Tímto konceptem by se měla řešit situace absence unifikovaného typu zásahového automobilu předurčeného pro dopravu a zásahovou činnost v hustě osídlených částech intravilánu městských aglomerací.

Důležitým úkolem a cílem práce bylo vytvořit vhodný model (modely) požárních automobilů, které by dostatečně odrážely požadavky na jejich techniko-taktické parametry šasi a nástavby. V rámci tohoto úkolu bylo potřeba získat dostatečné množství vstupních dat, jelikož se touto problematikou u HZS ČR zatím nikdo podrobněji nezabýval. V obecném měřítku byla vyvrácena hypotéza, že by enormní nárůst výkonů silniční dopravy a počtu motorových vozidel za poslední dekádu v ČR měl přímý vliv na dojezdové časy, resp. průměrné rychlosti jízdy jednotek PO k zásahu. Nicméně bylo potvrzeno, že vliv koncentrované dopravní infrastruktury vnitřního kordonu měst má vliv na zpomalení jízdy vozidel jednotek PO k zásahům oproti nižším dojezdovým časům na perifériích. Hlavním zjištěním, které určovalo další průběh práce, byl poměrně značný rozdíl v dynamice požárních automobilů v jednotlivých hmotnostních třídách. Byl tak položen základ pro definici požadavků na konkrétní model požárního automobilu s ohledem na jeho hmotnostní určení. Vzhledem k tomu, že v průběhu práce neexistovala jednotnost názorů odborníků z řad HZS ČR, jaká hmotnostní varianta automobilu by měla představovat uvedený model, byly vytvořeny dva hmotnostně lišící se modely (podobně je tomu v zahraničí). Detailně byly rozebrány požadavky na část šasi s kabinou i ve vztahu k určení mezních rozměrů, které vyhovují pro přístupnost modelů požárního automobilu z hlediska dopravně-inženýrských parametrů přístupových místních komunikací k objektům. Velký význam mají také informace o spolehlivosti nejběžněji užívaných šasi požárních vozidel CAS při hledání nejvíce provozně zatížených funkčních částí vozidla. Záměrem analýzy spolehlivosti bylo nejenom nalezení částí šasi požárních vozidel, u kterých je potřeba zajistit vyšší míru jakosti a tím i životnosti, ale také zjistit jejich celkové kumulativní provozní náklady. Ty při klesající výši pořizovací ceny CAS v čase určují optimální životnost v průsečíku exponenciálních trendů. Protože se difference v celkových kumulativních provozních nákladech, které mimo jiné vypovídají o míře spolehlivosti mezi jednotlivými továrními značkami požárních automobilů ukázaly být méně významné než se očekávalo, byla potvrzena druhá a poslední hypotéza práce. Základní rysy byly specifikovány i pro část účelové nástavby modelů, kde byla především optimalizována hmotnost, resp. objem vodní nádrže. Z průzkumu činností jednotek PO u zásahu za poslední dekádu byla konstruována výbava požárním příslušenstvím. Nebylo však záměrem práce zabývat se podrobněji obsahem a funkčními vlastnostmi TPPO v nástavbě pro účely její unifikace ve vztahu k definovaným modelům.

Pro účely ověření některých vydefinovaných technicko-taktických parametrů a především pak vlastností konvenčně užívaných CAS u HZS krajů předurčených pro zásahovou činnost a provoz v městských lokalitách, byly provedeny dynamické zkoušky na ploše havlíčkobrodského letiště. Byla vytvořena metodologie měření jízdních vlastností požárních automobilů druhu CAS, resp. AS s předurčením pro provoz do městské zástavby, jejichž jízdní testy byly uspořádány z části dle normativních metodik a z části na základě specifických požadavků vycházejících z předpokládaného užití těchto automobilů a jejich provozních podmínek (nenormové, uživatelsky definované zkoušky). Jednotlivé

testy, které byly měřeny vybavením ÚADI VUT Brno, ukázaly rozdíly nejen mezi různými automobily z hlediska jejich výrobce a hmotnostní třídy, ale i mezi vlastním nastavením a charakteristikou hnacích agregátů, resp. podvozků. Uvedené rozdíly automobilů byly diskutovány v jednotlivých kapitolách práce. Pomocí naměřených signálů a zjištěných veličin u jednotlivých reprezentantů bylo možné tyto CAS ohodnotit, a tím určit vhodnost jejich předurčení do městských lokalit. Přestože měření v souboru zkoušek směrové stability vozidel vykazovalo menší míru aproximace vzhledem ke skutečným hodnotám (neprovedené korekce pohybů odpružených částí vozidla), je navržená metodika zkoušek CAS do městské zástavby velkým přínosem pro jakékoli další práce zabývající se dynamikou požárních automobilů.

Posledním cílem práce, který se také podařilo splnit, bylo navrhnutí reálného konceptu požárního automobilu předurčeného pro zásahy do městské zástavby. Ten vznikl na základě propojení modelů a jejich optimalizovaných parametrů definovaných v jednotlivých částech práce se studiem požárních automobilů, které vzešly z provedeného průzkumu trhu s mobilní požární technikou. Uvedeným průzkumem byly navrženy dvě skupiny vhodných variant odpovídající základním zaměřením idealizovaným parametrům modelů. Tyto skupiny variant se následně podrobily vícekritériálnímu hodnocení variant pomocí hned několika optimalizačních metod, implementovaných v hodnoticím nástroji, kterým byl software MCA7 a MCA8. Uvedené aplikace představovaly efektivní a přesný nástroj pro zjištění výsledků jednotlivých variant. Vzhledem k časovým průtahům při získávání jednotlivých technických specifikací (kritériálních hodnot) vytipovaných konceptů požárních automobilů, musel být původní rozsah hodnoticích kritérií zúžen. Velká pozornost byla kladena na získání validních vstupních hodnot pro kritériální rozhodování, resp. určení vah (preferencí) kritérií. Pro tento účel byl sestaven tým odborníků, který měl reprezentovat určitou názorovou hladinu požadavků HZS ČR na koncept požárního automobilu do městské zástavby. Varianta z každé skupiny vozidel, která byla hodnocena jako nejlepší ve smyslu určených vah kritérií a míry difference od idealizovaného návrhu modelu, byla doporučena pro realizaci konkrétního typu požárního automobilu v praxi.

Zdali budou mít zde prezentovaná zjištění a výsledky konkrétní dopad na změny ve výbavě jednotek HZS ČR požární technikou předurčenou pro zásahy v intravilánu měst, je otázkou budoucnosti. Hlavní bude postoj GR HZS ČR k uvedenému optimalizovanému konceptu zásahového automobilu ve vztahu k nutným změnám ve vyhlášce [12], částečné úpravě vnitřní organizace jednotek PO a změně operativního zajištění výjezdové činnosti dle poplachového plánu na vytipovaných lokalitách městských aglomerací.

Takřka všechny cíle, které si práce v úvodu stanovila, se podařilo splnit. Přestože se práce poměrně rozsáhle vyjadřovala k řešené problematice a řešila širokou škálu úkolů, které lze dále rozpracovávat, zůstaly ještě úkoly k následnému zkoumání. Vzhledem k šíři problematiky a neexistující metodice měření směrové stability požárních automobilů nebylo dost dobře možné řešit kompletně problémy spojené např. s možností zefektivnění prostoru nástavby požárního automobilu ve vztahu ke změnám její konstrukce, popř. posouzením vlivu nástavby na celkovou stabilitu vozidla. Domnívám se však a pevně věřím, že tato disertační práce přispěje k dalšímu výzkumu v oblasti dynamiky požárních vozidel, protože jen přesná metodika měření může jednoznačně určit, kde mají dnešní požární automobily na sériově vyráběných šasi rezervy hodné zlepšení. Zároveň věřím, že byly vytvořeny základy pro další práci i v oblasti multikritériálního hodnocení požárních vozidel.

11. CONCLUSION AND ANOTHER RECOMMENDATIONS PROCEDURE

The Doctoral Thesis focused on a real design of an applicable concept of fire appliance to fire brigades under the Fire Rescue Service of the Czech Republic. This concept should solve the situations of absence of a unified type of fire appliance for the transport and intervention (emergency) action in the densely populated parts of urban conurbations.

An important task and goal of this thesis was to develop a suitable model of fire trucks that would adequately reflect the requirements of their technical and tactical parameters of the chassis and body. In this task, it was necessary to obtain a sufficient amount of input data, since this issue of Fire Rescue Service of the Czech Republic has not been dealt by anyone in more detail. The general scale has disproved, that the enormous increase in the volume of road traffic and the number of motor vehicles over the last decade in the Czech Republic had a direct influence on the intervention time, respectively the average speed of a fire brigade's appliance to intervene. However, it has confirmed the influence of the concentrated inner transport cordon and infrastructure of cities, which have an effect on slowing down the driving speed of brigade's fire trucks to intervene against lower intervention times in the suburbs. The main findings, which determined the further course of the thesis were a considerable difference in the dynamics of the fire appliances in their different weight classes. It has so laid the foundation for defining the requirements for a particular model of a fire truck to determine its weight (preference low total vehicle weight). The requirements for a part of the chassis-cab in relation to the dimensioning limitations that conform to accessibility featured models, in terms of parameters of local roads to access objects, were analyzed. Great importance is to be seen in the information about the operational dependability of commonly used fire truck chassis of water rescue tender (fire engines) to find the most operationally loaded parts of the vehicle, determining their optimal durability. Basic features have also been specified for the model body, where primarily the volume of the water tank has been optimized. The intervention actions of fire brigades at emergency scenes in the last decade fire equipments and accessories were designed, but there was no intention to deal with the dissertation in more detail content and functional properties of the fire accessories in the purpose body.

For verification purposes several defined technical and tactical parameters and especially the properties of conventionally used (in regional fire brigades) fire engines predestined for intervention operations in local build-up areas, there were dynamic measurements performed by driving manoeuvres at the airport of Havlíčkův Brod. Individual driving manoeuvres, which were arranged mostly according to normative methodologies and equipment measured by a team of experts from the Institute of Automotive and Transport Engineering at University of Technology in Brno, showed differences not only between different chassis manufacturers in terms of weight classes, but also among their own settings and characteristics of the vehicle engines, respectively the chassis. Using the measured values and the signals at each of the fire engines it was possible to evaluate the suitability of their predestination to their designated locations. These differences and the behaviour of the vehicles were discussed in various chapters of this Doctoral Thesis. Although the measurements showed a lower rate of approximation to real values (for overdue correction of own movements sprung vehicle parts) in the vehicle

directional stability tests, the measurements designed for urban fire engines are a great asset to any other work dealing with the dynamics of fire appliances.

The last part of the thesis focused on the connection of real studies of the fire appliances with the idealized models of fire trucks, of which the parameters have been optimized both theoretically and practically in the realised experimental measurements. It was devising a realistic appearance of fire appliances into city build-up areas by market research (vehicle chassis suitable for fire trucks), which a manufacturer of fire equipment THT, Ltd. In Polička realized. Two groups of fire appliance options were designed corresponding the basic focus idealized model parameters. Other input values for a multicriterion analysis to determine, respectively estimate scales (preferences) evaluation criteria, were the most important technical and tactical parameters of the vehicle chassis and economic indicators. To optimize the objective criteria and their scales a group of experts was dressed, whose opinions and subjective rating scales were statistically processed into a single vector of importance criteria, which was inserted into a criteria matrix. All input data (criterial value of options and criteria scales vector) were constructed in Excel and subsequently used in the calculation of the software tools for multicriterion analysis. Applications MCA7 and MCA8 represented an effective and accurate tool for determining the results of the options because the fire appliances were evaluated by several methods of multicriteria evaluation of alternatives. The option from each group of vehicles rated as best with regard to determining the scales of the criteria and the degree of difference from the idealized fire appliance model was suggested for the realization. Other ways to improve those procedures and for more accurate input data lead to the use of more accurate methods of estimating scales of criteria, such as the Saaty's method.

Whether the here presented findings and results will have the specific impact of changes in equipment of fire brigade appliances predestined for interventions into the city urban agglomerations, remains a question of the future. The main approach to optimize the concept of the fire appliance will have the General Directorate of Fire Rescue Service of the Czech Republic in relation to the partial revision of the internal organization of fire brigades and operational changes in the emergency alarm plan in selected urban locations. All the goals set in the introduction of this thesis, have been met. Although the thesis has resolved and pointed out a wide range of tasks that can be further elaborated, also challenges remain for further research. Such as space efficiency of a fire appliance body in relation to the changes in the body structure and its influence on the overall stability of the vehicle. Due to the breadth of issues and lack of methodology for measuring the fire appliance directional stability it would not be quite possible. But I hope and believe that this thesis will contribute to further research into the dynamics of fire engines, because the only accurate measurement methodology can clearly identify where the current fire trucks on mass-produced chassis have reserves for improvement of their chassis or body. At the same time I believe that foundations for further work in the field of multicriterion analysis and evaluation of fire appliances have been created.

Soupis bibliografických citací

- [1] Rozvoj dopravního sektoru v roce 2009. In Ministerstvo dopravy. *Ročenka dopravy 2009* [online]. Praha : Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2010 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2009/index.html>>. ISSN 1801-3090.
- [2] BRUNCLÍK, A. *Hlavní úkoly ředitelství silnic a dálnic ČR pro léta 2008 až 2010*. IN: 15. silniční konference – Ostrava 2007. Ostrava: Dům kultury města Ostravy. s 39 – 44.
- [3] Ministerstvo dopravy. *Zpráva z celostátního sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2005*. Praha: ŘSaD, 2006.
- [4] *European Commission* [online]. Eurostat – European statistics tables, graphs and maps interface (TGM). 1.3.2011. [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/transport/data/main_tables>.
- [5] HANUŠKA, P. *Doba dojezdu jednotek Hasičského záchranného sboru na místo zásahu ve velkých městech*. Ostrava, 2008. Bakalářská práce. VŠB-TUO.
- [6] *Ročenka dopravy Praha 2009* [online]. Technická správa komunikací hlavního města Prahy – Úsek dopravního inženýrství. Dostupné z WWW: <<http://www.tsk-praha.cz/wps/portal/doprava!/ut/p/c5/>>.
- [7] *Informace o dopravě v Plzni za rok 2009*. [online]. Správa veřejného statku města Plzně. Dostupné z WWW: <<http://www.svsmp.cz/dopravni-pruzkumy/informace-o-doprave-v-plzni-za-rok-2009.aspx>>.
- [8] *Ročenka dopravy Brno 2010*. Brněnské komunikace a.s. – Útvar dopravního inženýrství. Brno, 2011. 35 s.
- [9] *Motorizace* [online]. Ostrava: Statutární město Ostrava – Magistrát města Ostravy [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.ostrava.cz/jahia/Jahia/site/ostava/cache/offonce/ostava/obcan/magistrat/odbory-magistratu/odbor-dopravy/>>.
- [10] STRNADOVÁ, D. *Car-sharing jako trvale udržitelná forma dopravy*. Brno, 2010. 84 s. Diplomová práce. Masarykova Univerzita.
- [11] *Řád strojní služby HZS ČR*. Praha: MV – GŘ HZS ČR, 2007. 38 s. ISBN 80-86640-72-8.
- [12] Česká republika. Vyhláška MV : vyhláška č. 35/2007 Sb., o technických podmínkách požární techniky, ve znění pozdějších předpisů .In 35/2007. 2007, 14, s 246-268, ISSN 1211-1244.

- [13] HORVÁT, T.; MONOŠI, M. Prověřovací cvičení průjezdnosti ulic města Bohumína jednotkami HZS Moravskoslezského kraje. In *Ochrana před požiari a záchranné služby : zborník prednášok z 3. vedecko-odborné konferencie s medzinárodnou účasťou konané v Žiline 28.-29.5. 2008*. Žilina : FŠI ŽU v Žiline, 2008. s. 54-59. ISBN 978-80-8070-856-6.
- [14] *Koncepcie obměny základní zásahové požární techniky u jednotek požární ochrany zařazených do plošného pokrytí území České republiky*. Praha: MV – GR HZS ČR, 2007. 10 s. Č.j.: PO –1089/IZS-2007.
- [15] STODOLA, J. *Provozní spolehlivost a diagnostika*. 2. vyd. Brno: Vojenská akademie v Brně, 2002. 317 s. ISBN: 80 – 85960-43-5.
- [16] ADAMČÍK, P. *Analýza provozu a údržby mobilní požární techniky na ÚO Ostrava*. Ostrava, 2009. 51 s. Diplomová práce. VŠB – TUO.
- [17] SALAČ, M. *Analýza provozu a údržby mobilní požární techniky na HZS hl. m. Prahy*. Ostrava, 2009. 65 s. Diplomová práce. VŠB – TUO.
- [18] *Tatra, M-B, MAN, Renault, Scania, Volvo – technické dokumentace, návody k obsluze, servisní a opravárenské doklady*. Tatra Kopřivnice, 2009.
- [19] *Tht s.r.o. – technické dokumentace k CAS, návody k obsluze CAS, servisní opravárenské doklady*. THT Polička, 2009.
- [20] IVAN, M. *Provozní schopnost a obnova vozidlového parku*. Ostrava, 2009. 59 s. Diplomová práce. VŠB – TUO.
- [21] WEINPOLD, M. *Návrh zajištění odborných služeb u Hasičského záchranného sboru*. Ostrava, 2009. 67 s. Diplomová práce. VŠB – TUO.
- [22] ČSN 736102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 185 s.
- [23] ČSN 736110. *Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 126 s.
- [24] Great Britain. The building regulations 2000 : Fire Safety. In *Approved document B: Access and facilities for the fire service*. 2006, B5, p.101-107, ISBN 1-859462-01-4.
- [25] Fire safety guidance note GN 29. *Access for fire appliances*. London: London fire & emergency planning authority, 2007. Revision 7, 11 p.
- [26] Note d'information NI-002 c. *Relative à l'accessibilité des bâtiments aux véhicules de secours*. 2009, Foulayronnes: SDIS 47, 6 p.

- [27] Deutsche Industrie-Norm *DIN 14 090. Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken (Přístup a nástupní plochy pro hasiče)*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e. V., 2003. 13 s.
- [28] Corpo Nazionale Vigili del Fuoco. Mezzi Operativi. VVF-AutoPompaSerbatoio. Iveco CityEuroFire 100E21 I serie [online]. [cit. 2011-08-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.fiammeblu.it/thumbnails.php?album=373>>.
- [29] ČSN EN 1846-2. *Požární automobily. Obecné požadavky – Bezpečnost a provedení pro ověření požadavků z hlediska jízdních vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 2010. 53 s.
- [30] ISO 15037-1. *Road vehicles: Vehicle dynamics test methods. Part 1: General conditions for passenger cars*. Geneva: International Organization for Standardization, 2006. Norma ISO 15037-1:2006(E).
- [31] ISO 7975. *Passenger cars: Braking in a turn. Open-loop test procedure*. Geneva: International Organization for Standardization, 2006. Norma ISO 7975:2006(E).
- [32] ISO 3888-1. *Passenger cars: Test track for a severe lane-change manoeuvre. Part 1: Double lane-change manoeuvre*. Geneva : International Organization for Standardization , 1999. Norma ISO 3888-1:1999(E).
- [33] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. Vydavatelství František Vlk. Brno, 2003.
- [34] FIRST, J. a kol. *Zkoušení automobilů a motocyklů - příručka pro konstruktéry*. Praha: ČVUT, 2008, ISBN: 978-80-254-1805-5.
- [35] ČSN 30 0034. *Základní automobilové názvosloví. Směrová dynamika vozidel - Definice základních pojmů*. Československý normalizační institut. Účinnost od 1.6. 1982.
- [36] KOTAS, P. *Dopravní systémy a stavby*. Praha: ČVUT, 2. vydání, 2007.
- [37] JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum – Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional publishing, 2002. s 271 – 296. ISBN 80-86419-23-1.
- [38] KORVÍNY, P. *Aplikace multikriteriální analýzy při nasazování dálkově řízených prvků v distribučních sítích vysokého napětí*. Ostrava, 2003. 112 s. Disertační práce. VŠB-TUO.
- [39] MCA8. *Program pro multikriteriální rozhodovací analýzu*. Ostrava : VŠB-TUO, katedra elektroenergetiky a katedra informatiky, 2008. 002/04-07-2008_SW.
- [40] MONOŠI, M. Metodika výberu hasičskej techniky. In *Časopis Krízový manažment*, č. 2/2007, FŠI ŽU v Žiline, Žilina 2007.
- [41] Jednotné vybavení Hasičského záchranného sboru ČR cisternovými automobilovými stříkačkami. Praha: MV – GR HZS ČR, 2011. 13 s. Č.j.: MV-80926-14/PO-2010.

[42] FOJTEK, A. *Fyzika pro HGF*. Ostrava: VŠB-TUO, 2. vydání, 1999. 298 s. ISBN 80-7078-991-3.

Seznam vlastních prací autora

HORVÁT, T.; MONOŠI, M. Prověřovací cvičení průjezdnosti ulic města Bohumína jednotkami HZS Moravskoslezského kraje. In *Ochrana před požiari a záchranné služby : zborník prednášok z 3. vedecko-odborné konferencie s medzinárodnou účasťou konané v Žiline 28.-29.5. 2008*. Žilina : FŠI ŽU v Žiline, 2008. s. 54-59. ISBN 978-80-8070-856-6.

HORVÁT, T. *Statistická analýza spotřeby vody jednotek PO u zásahu*. Výzkumný projekt MV-GŘ HZS ČR, 2008. 16 s.

HORVÁT, T. Koncepce zásahového automobilu do městské zástavby. In *Požární ochrana 2009 : Sborník přednášek XVIII. ročníku mezinárodní konference konané v Ostravě 9.-10.9. 2009*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, SPBI, 2009. s. 156-166. ISBN 978-80-7385-067-8.

PORTEŠ, P.; HORVÁT, T. *Dynamické zkoušky: Měření jízdních parametrů vybraných zásahových požárních automobilů*. Interní výzkum ÚADI FSI VUT s VŠB-TUO. Brno: VUT, 2011. 34 s

HORVÁT, T. *Dynamické zkoušky: Vyhodnocení měření jízdních parametrů vybraných zásahových požárních automobilů*. Výzkumný projekt pro MV-GŘ HZS ČR, 2011. 50 s.

HORVÁT, T. Dynamika požáru v moderních výškových budovách. *Spektrum*. 2010, ročník 10, číslo 1, s. 12-16. ISSN 1211-6920.

HORVÁT, T. Taktika zásahu jednotek požární ochrany v moderních výškových budovách. *112*. 2010, ročník IX, číslo 4, s. 16-18. ISSN 1213-7057.

Příloha A

Tab. A.1 Technicko-taktická data vybraných vozidel CAS účastníků se jízdních zkoušek

TECHNICKÉ PARAMETRY CAS									
	Hmotnostní třída								
	L (do 7,5 t)		M (do 14 t)					S (nad 14 t)	
	TA (CAS) Renault Mascott 160.65 4x2	RZA (CAS) KLF 1000 - MB Sprinter 416 CDi 35	CAS 15/2000/120 - MB Atego 1426 F 4x4	CAS 24/2000/200 - MB Atego 1328 F 4x2	CAS 24/2500/250 - Renault Midlum 270.14/15 4x2	CAS 24/3000/200 - MAN TGM 15.280 4x2 BL	CAS 24/1800/200 - Dennis Rapier 4x2	CAS 20/3400/210 - Tatra 815 Terrno 4x4.2	CAS 24/3200/400 - Scania P 340 LB 4x2 HHZ
	SDH Nové Město n. Metují	HZS JČK	HZS MSK	HZS hl.m.Prahy	HZS ZLK	HZS JMK	HZS hl.m.Prahy	HZS MSK	HZS JČK
ČÍSLO VOZIDLA	1	9	2	3	4	5	6	7	8
řidič	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
posádka - měření	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT	2 x VUT
další	ano – 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.	ano - 1 os.
identifikace vozidla									
VIN									
stav tachometru	15000	19000	14000	31000	28000	30000	39000	11000	21000
pohon									
poháněná náprava	4x2 (přední)	4x2 (přední)	4x4 (zadní)	4x2 (zadní)	4x2 (zadní)	4x2 (zadní)	4x2 (zadní)	4x4 (plněpohonné)	4x2 (zadní)
motor	ZD -A 604	OM 612.981 MQ6	OM 906 LA.IV/2	OM 906 LA.III/4	DCI 6 AC J 01	D0836LFL51	Cummins C8.3	T3D-928	DC 11 08
maximální výkon	115 kW	115 kW	188 kW	205 kW	195 kW	206 kW	191 kW	325 kW	250 kW
maximální točivý moment	320 Nm.min-1	330 Nm.min-1	1100 Nm. min-1	1100 Nm. min-1		1100 Nm. min-1	895 Nm.min-1	2100 Nm. min-1	1600 Nm.min-1
omezovač	ne	ne	ano 104 km/h	ano 100 km/h	ano 110 km/h	ano 100 km/h	ne	ne	ano 110 km/h
převodovka									

Příloha A

manuální/automatická	S 6-300, manual	manual	manual	Automatizovaná Telligent	manual	manual	Allison WS, automat	Tatra 14 TS 210 T, manual	manual
počet převodů	6 st. +1 vzad	6 st. +1 vzad	6 st. +1 vzad	6 st. +1 vzad (předvolba)	8 st. +1 vzad	8 st. + 2 vzad	5 st.+ 1 vzad (předvolba)	12 st. (půlené) + 2C + 2 st.vzad	12 st. (půlené) + C+ 1 st.vzad
zadní náprava	dvojmontáž		dvojmontáž	dvojmontáž	dvojmontáž	dvojmontáž	dvojmontáž	dvojmontáž	dvojmontáž
typ	tuhá náprava P 669	tuhá náprava	tuhá náprava	tuhá náprava - trojúhelníková závěsná ramena	tuhá náprava P 1120 SL	tuhá náprava - HY 113000	tuhá náprava - Eaton 08-18	kyvná polonáprava	tuhá náprava
stabilizátor	ne		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
přední náprava									
typ	tuhá náprava E 22 A3	nezávislé zavěšení - dvojitý lichoběžníkový závěs	tuhá náprava	tuhá náprava	tuhá náprava E 62	tuhá náprava VOK -06-03 6678	nezávislé zavěšení - dvojitý lichoběžníkový závěs	kyvná polonáprava	tuhá náprava
stabilizátor	ano		ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano
Řízení									
posilovač	ano	ano	ano	ano	ano - ZF 8095	ano	ano	ano	ano
Brzdy									
posilovač	ano		ano	ano	ano	ne			ano
ABS	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano, ASR	ano	ano
přední brzdy (buben/disk)	disk	disk	disk	disk	disk	disk	disk	buben	disk
zadní brzdy (buben/disk)	disk	disk	disk	disk	disk	disk	buben	buben	disk
Pneumatiky									
tlaky v pneu - PL	0,30 MPa	0,17 MPa	0,7 MPa	0,7 MPa	0,8 MPa	0,7 MPa	0,72 MPa	0,8 MPa	0,69 MPa
tlaky v pneu - PP	0,30 MPa	0,17 MPa	0,7 MPa	0,7 MPa	0,8 MPa	0,7 MPa	0,72 MPa	0,8 MPa	0,69 MPa
tlaky v pneu - ZL	0,36 MPa	0,32 Mpa	0,72 MPa	0,7 MPa	0,75 MPa	0,65 MPa	0,65 MPa	0,7 MPa	0,64 MPa
tlaky v pneu - ZP	0,36 MPa	0,32 Mpa	0,72 MPa	0,7 MPa	0,75 MPa	0,65 MPa	0,65 MPa	0,7 MPa	0,64 MPa
hloubka vzorku - PL	Nokian 215/75 R 16 M+S min. 10 mm	195/70 R 15	Brigestone 11 R 22,5 M+S 6 mm	Continental HSR1 285/70 R 19.5 M 6 mm	Dunlop SP 651SNOW 315/80 R 22,5 8 mm	Goodyear RHS 285/70 R 19.5 M 8 mm	Matador 265/70 R 19,5 M 5 mm	Michelin 385/65 R 22,5 M+S 6 mm	Goodyear RHS 315/80 R 22.5 M 12 mm

Příloha A

hloubka vzorku - PP	Nokian 215/75 R 16 M+S min. 10 mm	195/70 R 15	Brigestone 11 R 22,5 M+S 6 mm	Continental HSR1 285/70 R 19.5 M 6 mm	Dunlop SP 651SNOW 315/80 R 22,5 8 mm	Goodyear RHS 285/70 R 19.5 M 8 mm	Matador 265/70 R 19,5 M 5 mm	Michelin 385/65 R 22,5 M+S 6 mm	Goodyear RHS 315/80 R 22.5 M 12 mm
hloubka vzorku - ZL	Nokian 215/75 R 16 M+S min. 10 mm	195/70 R 15	Brigestone 11 R 22,5 M+S 8 mm	Continental HDR 285/70 R 19,5 M 8 mm	Dunlop SP 651SNOW 315/80 R 22,5 8 mm	Goodyear RHS 285/70 R 19.5 M 10 mm	Michelin 265/70 R 19,5 M+S 10 mm	Barum 315/80 R 22,5 M+S 9 mm	Goodyear RHD 315/80 R 22.5 M+S 16 mm
hloubka vzorku - ZP	Nokian 215/75 R 16 M+S min. 10 mm	195/70 R 15	Brigestone 11 R 22,5 M+S 8 mm	Continental HDR 285/70 R 19,5 M 8 mm	Dunlop SP 651SNOW 315/80 R 22,5 8 mm	Goodyear RHS 285/70 R 19.5 M 10 mm	Michelin 265/70 R 19,5 M+S 10 mm	Barum 315/80 R 22,5 M+S 9 mm	Goodyear RHD 315/80 R 22.5 M+S 16 mm
rok výroby pneumatik - P	2010		2006	2006	2007	2007	2005	2008	2006
rok výroby pneumatik - Z	2010		2006	2006	2007	2007	2008	2008	2006
Hmotnosti									
hmotnost PL									
hmotnost PP									
hmotnost ZL									
hmotnost ZP									
hmotnost - celková včetně posádky	6 600	4 300	12 950	10 150	12 450	12 900	9 250	17 450	15 500
spolucestující	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1	řidič +1
množství náplní	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo ovšem bez výbavy TPPO (cca. 600- 800 kg)	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo ovšem bez výbavy TPPO (cca. 600- 800 kg)	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo	plné provozní náplně, plné nádrže na vodu a pěnidlo
těžiště - X	1,56	1,362	1,474	1,54	1,35	1,503	1,56	1,7	1,522
těžiště - Y	0,019	0,038	-0,063	-0,059	-0,038	-0,023	-0,07	0,007	-0,04
těžiště - Z									
Rozměry									
celková délka	7590	5645	7650	7770	7680	7900	7215	8050	7560
celková šířka	2090	1994	2470	2500	2480	2550	2390	2550	2540

Příloha A

celková výška	2700	2510	3210	2670	3130	3000	2990	3220	3200
rozvor	4630	3550	3860	3860	3950	4125	3600	4090	3900
rozchod - přední	1677	1630	2000	2060	2050	2040	1950	2035	2060
rozchod - střední									
rozchod - zadní	1601	1630	1715	1870	1860	1755	1680	1780	1745
Poloha snímačů									
Correvit - X	2,839	0	5,286	5,571	5,55	5,728	5,091	6,181	5,572
Correvit - Y	-1,131	0	-0,52	-0,348	-0,485	-0,512	-0,485	0,127	0,022
Correvit - Z									
MBOX - X	3,26	0	3,735	2,321	3,525	3,805	3,55	3,754	3,585
MBOX - Y	0,123	0	0,2	-0,2	0	0	0	-0,694	0
MBOX - Z	0,75	0	1,8	1,54	1,75	1,55	1,45	1,85	1,65
MBOX - úhel Z									
Podmínky testu									
teplota vozovky	10	5	11	8	5	12	15,5	12	8
teplota vzduchu	11,5	6	12,2	9,8	6	10,8	13,8	12,5	9
relativní vlhkost	82,8	85,5	80,5	85,5	87	70,5	59,5	66	80,5
rychlost větru	1,3 -2,0	0,3 -0,7	1,7-1,9	1,5 -2,5	0,4-0,6	2,8-3,3	1,2-1,6	2,5 -3,0	1,5 -2,5
směr větru	S	S	SZ	SZ	Z	S	SV	SV	S
počasí	zataženo	šero	zataženo	šero	polojasno	polojasno	polojasno	polojasno	oblačno

Tab. A.2 Technické parametry snímače ADXL 105

Napájecí napětí	Měřicí rozsah	Výstupní napětí při $g=0$	Výstupní hodnoty akcelerometru		Frekvenční rozsah	Provozní rozsah teplot
V	g	V	μA	mV	kHz	$^{\circ}C$
2.7~5.25	+/- 5	2.5	+/- 50	+/- 625	10	-55~125

Tab. A.3 Technické parametry snímače Murata ENF-05D-52

Napájecí napětí	Měřicí rozsah	Výstupní napětí při $\omega=0$	Měřicí citlivost	Frekvenční rozsah	Provozní rozsah teplot
V	deg/s	V	mVs/deg	kHz	$^{\circ}C$
2.7~5.25	+/- 80	1.35	+/- 50	max 50	-5~75

Tab. A.4 Technické parametry snímače Correvit S-400

Rozsah měřených rychlostí:	0,5 až 400 km/hod
Rozlišení vzdálenosti:	1.9 mm
Odchylka měření:	$< \pm 0,1 \%$
Rozsah měření úhlů:	$\pm 40^\circ$
Úhlové rozlišení:	$< \pm 0,1^\circ$
Pracovní vzdálenost a rozsah:	400 ± 100 mm
Napájení:	12 V DC (11,5 -11,5 V), 80 W
Provozní teplota:	-25°C až $+50^\circ\text{C}$
Rozměry zařízení, hmotnost:	247 x 52 x 171 mm, 1350 g

Tab. A.5 Technické parametry snímače MicroSAT R20

Parameter	Specification
Speed Range	0 – 1152 mph (export license restricted)
Altitude	-300 m to 18,000 m
Velocity Accuracy	0.1 mph RMS
Distance Accuracy	0.5%
Position Accuracy	1.8 m CEP
Measurement Rate	20 Hz
Output Rate	20 Hz
Operating Temperature	0 to 60°C
Temperature Variation	4 °C/min max.
Relative Humidity	95%, non-condensing
Shock	20g, 5 ms half-sine
Vibration	3 G RMS, see Figure 2, below.
Battery Life	1 hour
Charge Time	2 hours
Charge Power Source	12 – 18 V d.c.
Operating Power Source	9 – 18 V d.c.
Power (not charging)	2W typical
Power (charging)	6W typical
Power (Running + Charging)	8W typical
Outputs	RS232, CAN, TTL, Analogue
Output (TTL)	400 or 100 pulses per m $V_{OL} < 0.4V$, $V_{OH} > 3.6V$, $I_O < 10\text{ mA}$
Output (Analogue)	0.02 or 0.01 V/km/h 10V maximum, $R_{OUT} < 120\ \Omega$ 1% scale factor; 5mV voltage offset
Output (CAN)	1 Mbit/s, 11-bit identifiers from 0x700 to 0x704, non-isolated
Output	RS232
Brake Switch Input	Pull-up 10 K Ω resistor to 5V
Brake Switch Thresholds	$V_{IL} < 0.8V$, $V_{IH} > 2.4V$, $I_I < 1\text{mA}$ (Note: Input is inverted, V_{IL} gives a '1' and V_{IH} gives a '0')

Tab. A.6 Normalizace veličin pro zobrazení v grafech

Veličina	Hodnot veličiny odpovídající po normalizaci hodnotě 1
Rychlost vozu, podélná rychlost	100 km/h
Příčná rychlost	10 km/h
Úhel směrové úchyly	25 °
Stáčivá rychlost	150 °/s
Zrychlení	1 g

Tab. A.7 Tabulka nejistot měřidel a chyby (odchylky) měření

Měřidla	Vyjádření nejistoty	Chyba (odchylka) měření
Senzory zrychlení ADXL 105		0,5 %
Snímač úhlové rychlosti Murata ENF-05D-52		0,5 %
Optický snímač Correvit S-400		0,1 %
GPS monitorovací systém MicroSAT R20		0,5 %
Měřidlo - trasoměr Baumer	$U = Q[0,01 ; 0,0006L_{(m)}]$	0,2%
Měřicí pásmo 0 – 50 m	$U = Q[0,6 ; 0,02 L_{(m)}]$	0,1%
Přejezdové automobilové váhy		0,5-1,5 %

Tabulky a grafy naměřených a vypočtených hodnot akceleračních testů zkoušek dynamiky vozidel

Tab. A.8 Tabulka pořadí dle druhého hodnotícího kritéria – čas (zrychlení) na 100 m

Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Čas t_{100} (s)	Průměrné zrychlení a_{100} (g)	Pořadí	Bodové ohodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	12,05	0,111	3.	7
2	CAS 15 MB Atego 1426 F 4x4	13,56	0,096	6.	4
3	CAS 24 MB Atego 1328 F 4x2	14,73	0,085	8.	2
4	CAS 24 Renault Midlum 270.14/15 4x2	13,61	0,091	7.	3
5	CAS 24 MAN TGM 15.280 4x2 BL	12,78	0,103	4.	6
6	CAS 24 Dennis Rapier 4x2	11,06	0,134	1.	9
7	CAS 20 Tatra 815 4x4.2 Terno	14,73	0,078	8.	2
8	CAS 24 Scania P 340 LB 4x2 HHZ	13,52	0,090	5.	5
9	RZA (CAS) MB Sprinter 416 CDi 35	11,32	0,133	2.	8

Tab. A.9 Tabulka pořadí dle druhého hodnotícího kritéria – čas (zrychlení) dosažení hranice rychlosti 65 km/h

Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Čas t_{v65} (s)	Průměrné zrychlení a_{v65} (g)	Pořadí	Bodové ohodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	21,91 (nesplňuje normu ČSN EN 1846)	0,084	3.	7
2	CAS 15 MB Atego 1426 F 4x4	24,05	0,077	7.	3
3	CAS 24 MB Atego 1328 F 4x2	23,26	0,079	4.	6
4	CAS 24 Renault Midlum 270.14/15 4x2	26,11	0,071	8.	2
5	CAS 24 MAN TGM 15.280 4x2 BL	23,31	0,079	5.	5
6	CAS 24 Dennis Rapier 4x2	15,10	0,122	1.	9
7	CAS 20 Tatra 815 4x4.2 Terrno	27,86	0,078	9.	1
8	CAS 24 Scania P 340 LB 4x2 HHZ	24,01	0,077	6.	4
9	RZA (CAS) MB Sprinter 416 CDi 35	15,21	0,121	2.	8

Tab. A.10 Tabulka pořadí dle čtvrtého hodnotícího kritéria – pružnost motoru

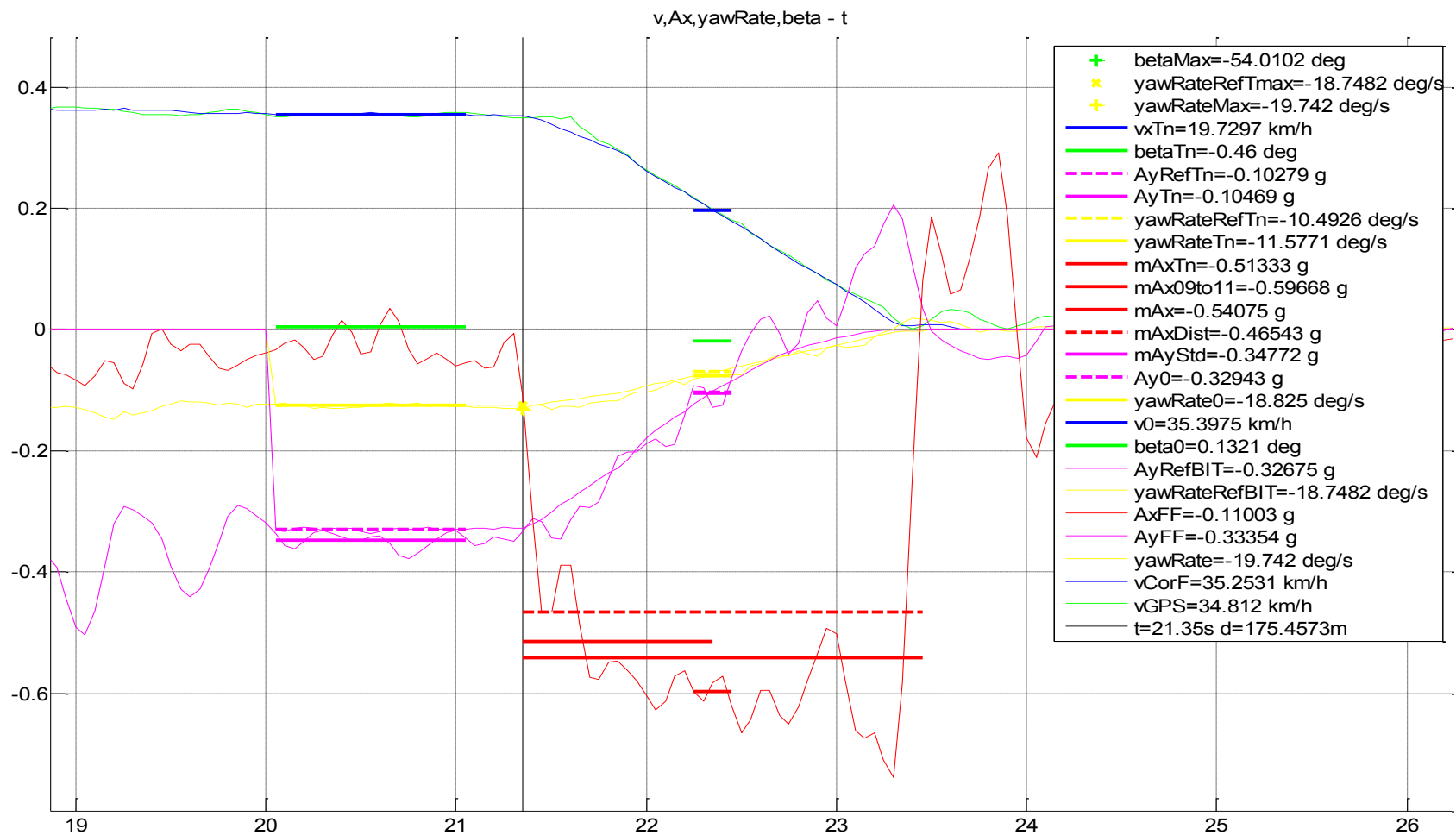
Vozidlo	Typ a výrobce požárního automobilu	Pružnost motoru e_{Acc} (l)	Maximální zrychlení A_{xmax} (g)	Pořadí	Bodové ohodnocení
1	TA (CAS) Renault Mascott	-	-	-	-
2	CAS 15 MB Atego 1426 F 4x4	1,523	0,144	2.	8
3	CAS 24 MB Atego 1328 F 4x2	1,511	0,175	3.	7
4	CAS 24 Renault Midlum 270.14/15 4x2	1,358	0,159	5.	5
5	CAS 24 MAN TGM 15.280 4x2 BL	1,294	0,173	6.	4
6	CAS 24 Dennis Rapier 4x2	1,475	0,155	4.	6
7	CAS 20 Tatra 815 4x4.2 Terno	1,096	0,125	8.	2
8	CAS 24 Scania P 340 LB 4x2 HHZ	1,255	0,125	7.	3
9	RZA (CAS) MB Sprinter 416 CDi 35	1,619	0,117	1.	9

Tabulky a grafy naměřených a vypočtených hodnot testů směrové stability při měření dynamiky vozidel

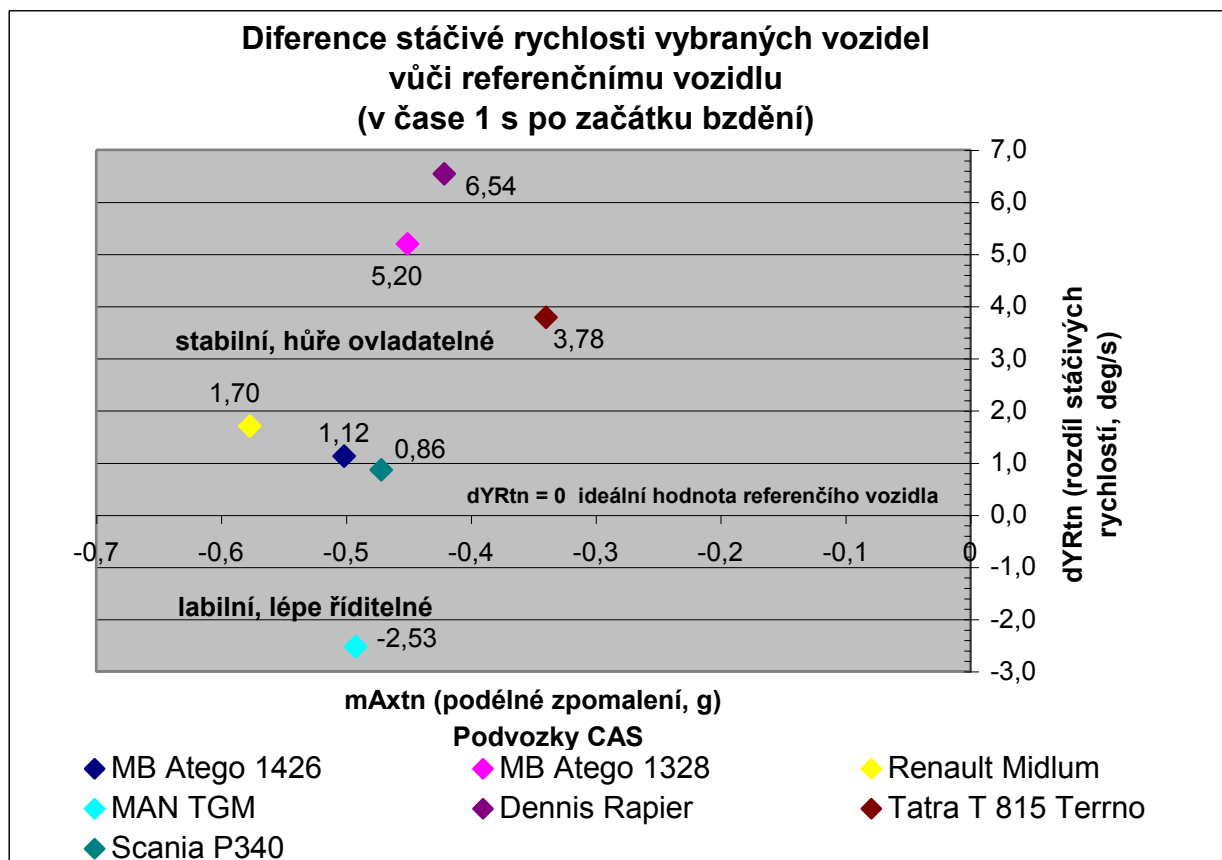
Tab. A.11 Naměřené a dopočítané hodnoty testu brzdění v zatáčce z rychlosti 35 km/h u vozidla č. 5

měřené (vypočtené) veličiny	j.	hodnoty
--------------------------------	----	---------

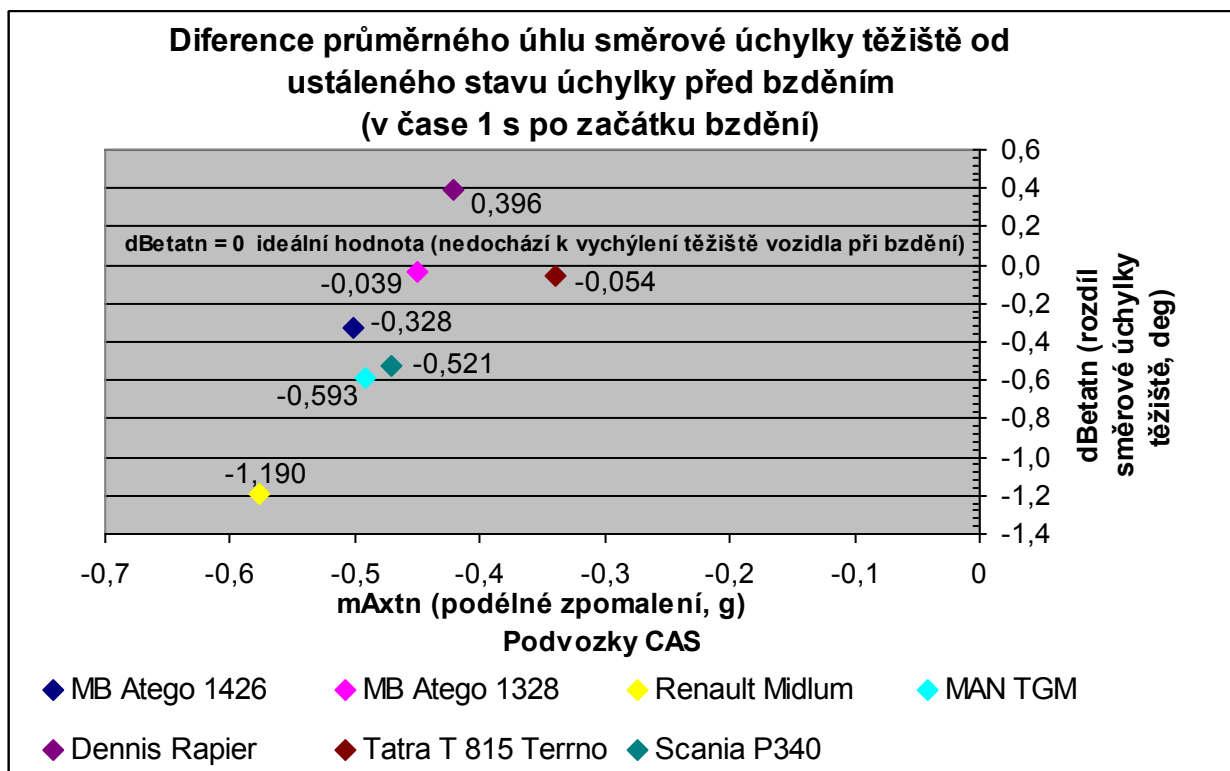
riseTime	s	0,35
sEff	m	10,50483
vEff	km/h	35,25314
R0	m	-29,9267
beta0	deg	0,132101
v0	km/h	35,39754
yawRate0	deg/s	-18,825
Ay0	g	-0,32943
mAyStd	g	-0,34772
mAxDist	g	-0,46543
mAx	g	-0,54075
mAx09to11	g	-0,59668
mAxTn	g	-0,51333
yawRateTn	deg/s	-11,5771
yawRateRefTn	deg/s	-10,4926
rYRtn	1	1,103362
yawRateMax	deg/s	-19,742
yawRateRefTmax	deg/s	-18,7482
rYRtmax	1	1,053008
dYRtn	deg/s	-1,08453
dYRmax	deg/s	3,091693
AyTn	g	-0,10469
AyRefTn	g	-0,10279
rAYtn	1	1,018512
betaMax	deg	-54,0102
t0TOtbm	s	2,05
betaTn	deg	-0,46
dBetaTn	deg	-0,5921
vxTn	km/h	19,72968
dBRTn	deg/s	-0,84363
nUAI	deg/g	348,6412



Obr. A.1 Průběh testu brzdění v zatáčce s vyznačenými veličinami podélného zpomalení (červená), rychlosti (modrá, zelená), příčného zpomalení (ružová), stáčivé rychlosti a směrové úchylky (žlutá a oranžová) na časové ose

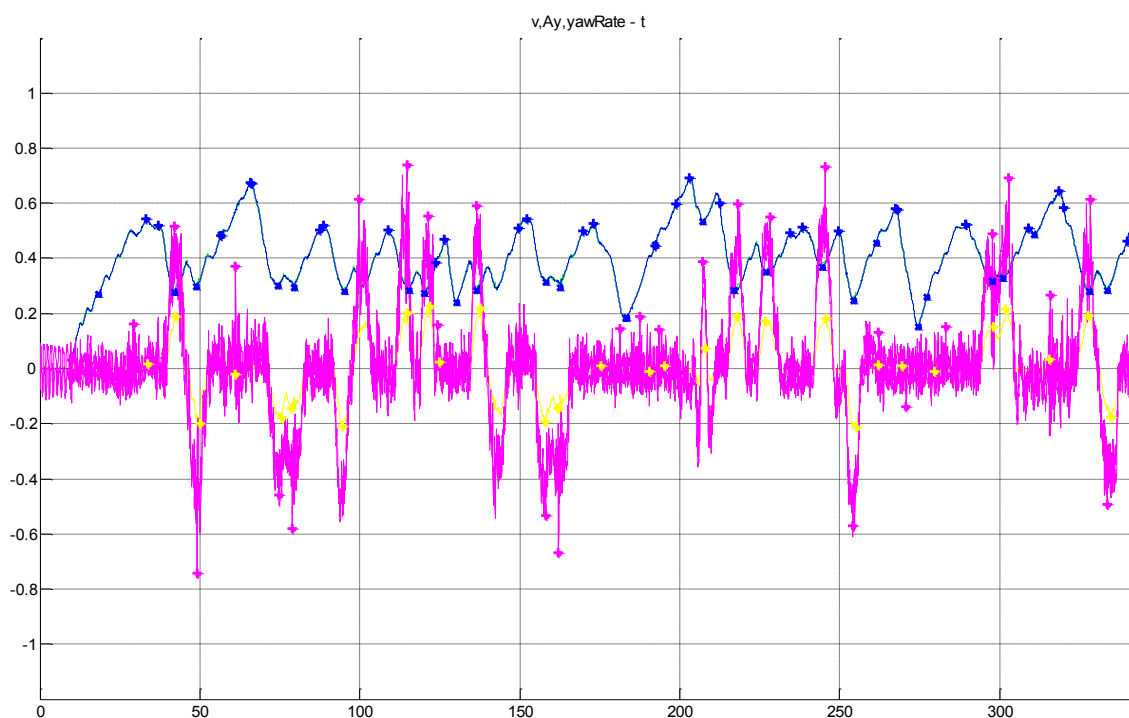


Obr. A. 2 Rozdíl stáčivé rychlosti vybraných CAS vůči jejich referenční stáčivé rychlosti v čase 1s po začátku brzdění

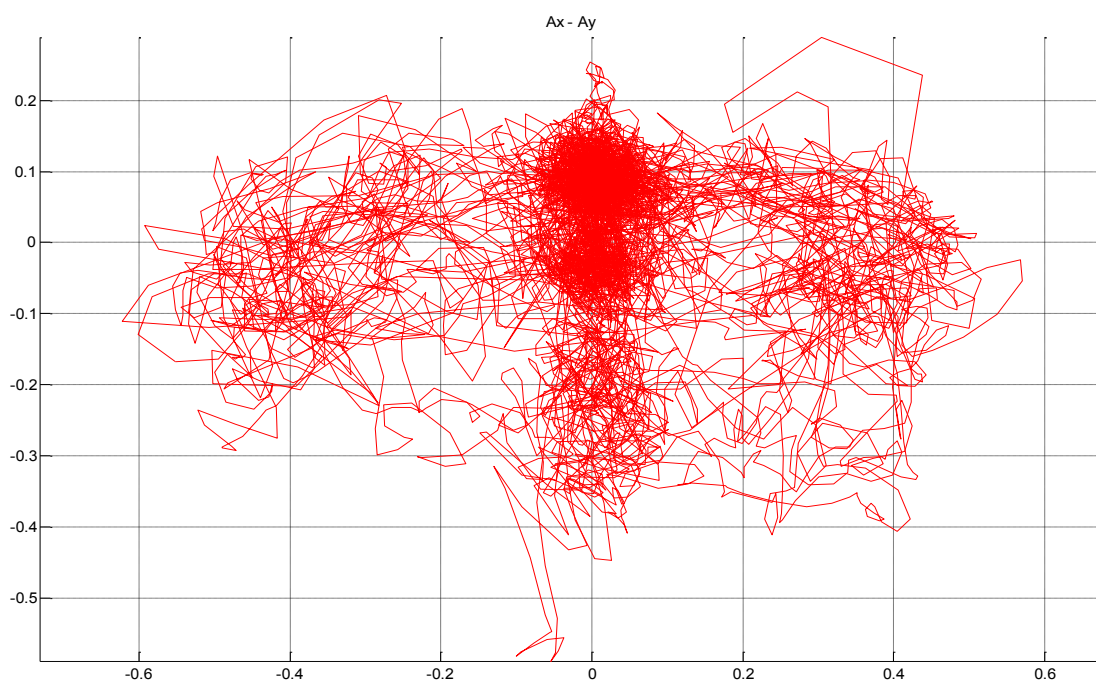


Obr. A.3 Rozdíl směrových úchylek zkoušených vozidel při jízdě a brzdění v zatáčce

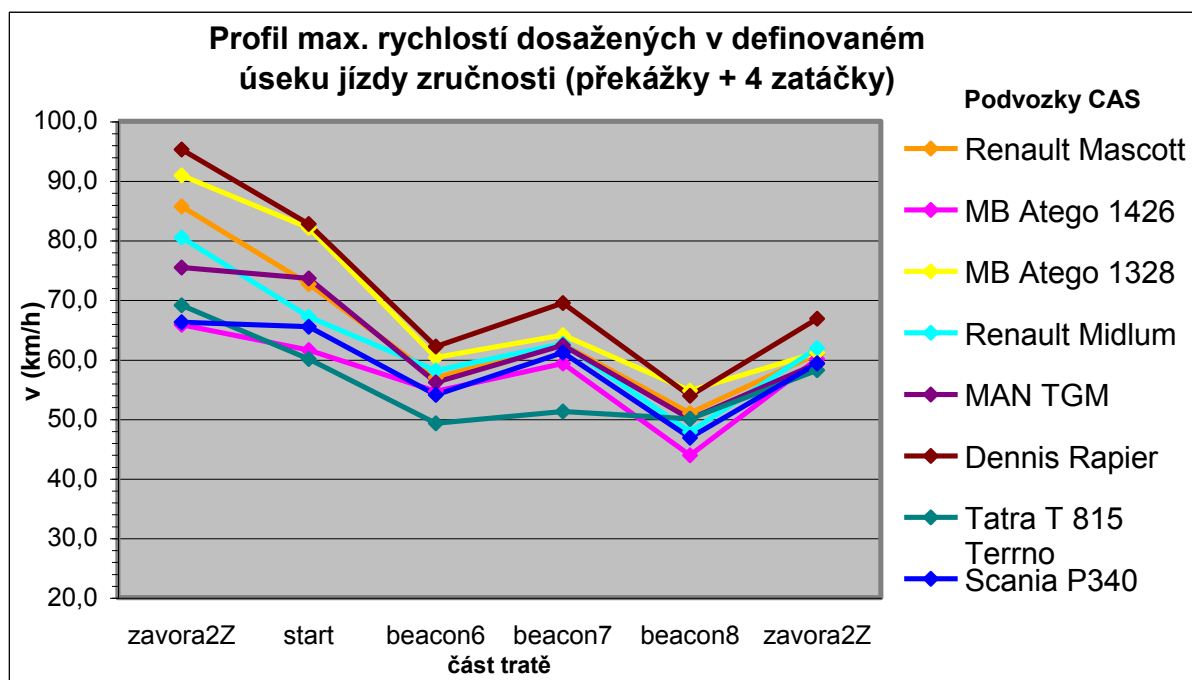
Obrázky a grafy naměřených a vypočtených hodnot uživatelsky definovaných zkoušek při měření dynamiky vozidel



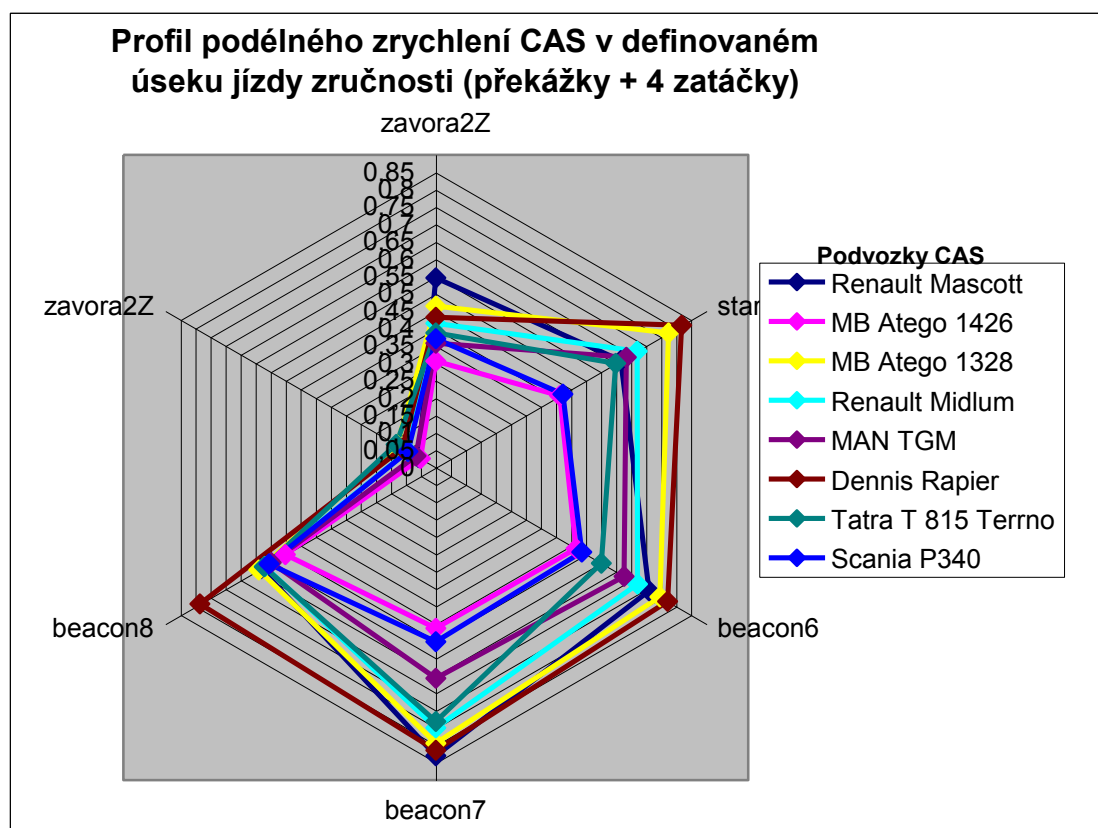
Obr. A.4 Záznam měřených veličin v čase při jízdě zručnosti s vyznačenými maximy a minimy u vozidla č. 7 (modře – rychlost, růžově – podélné zrychlení, žlutě – stáčivá rychlost)



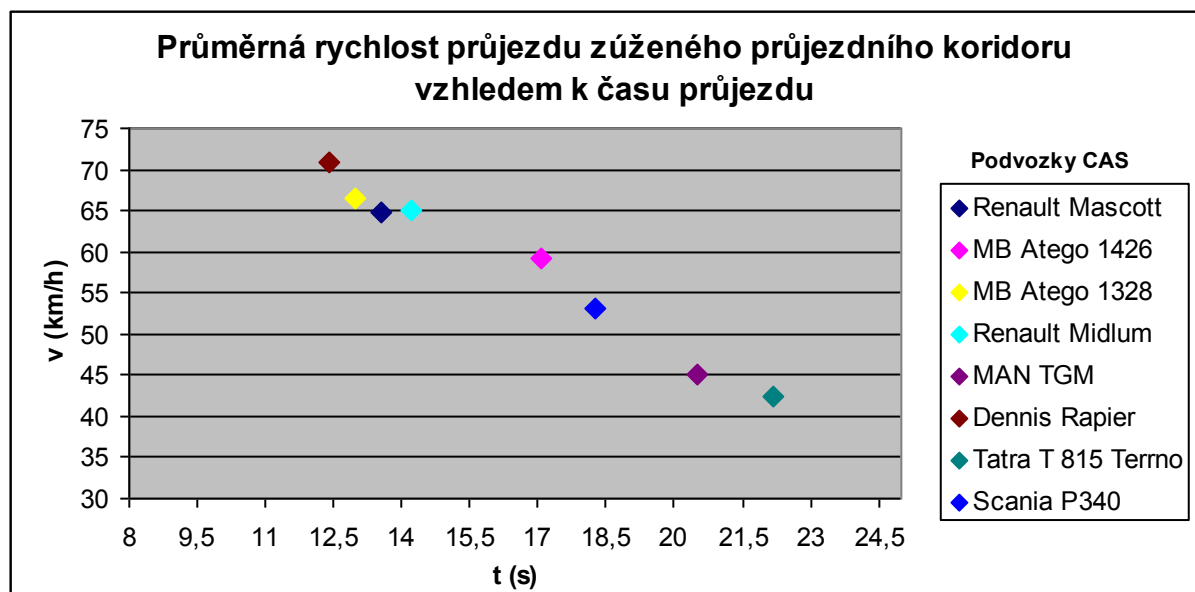
Obr. A.5 Využití jízdních mezí vozu č. 8 v kombinaci s jízdním stylem řidiče (osa x - podélné zrychlení vozidla, osa y – příčné (boční) zrychlení)



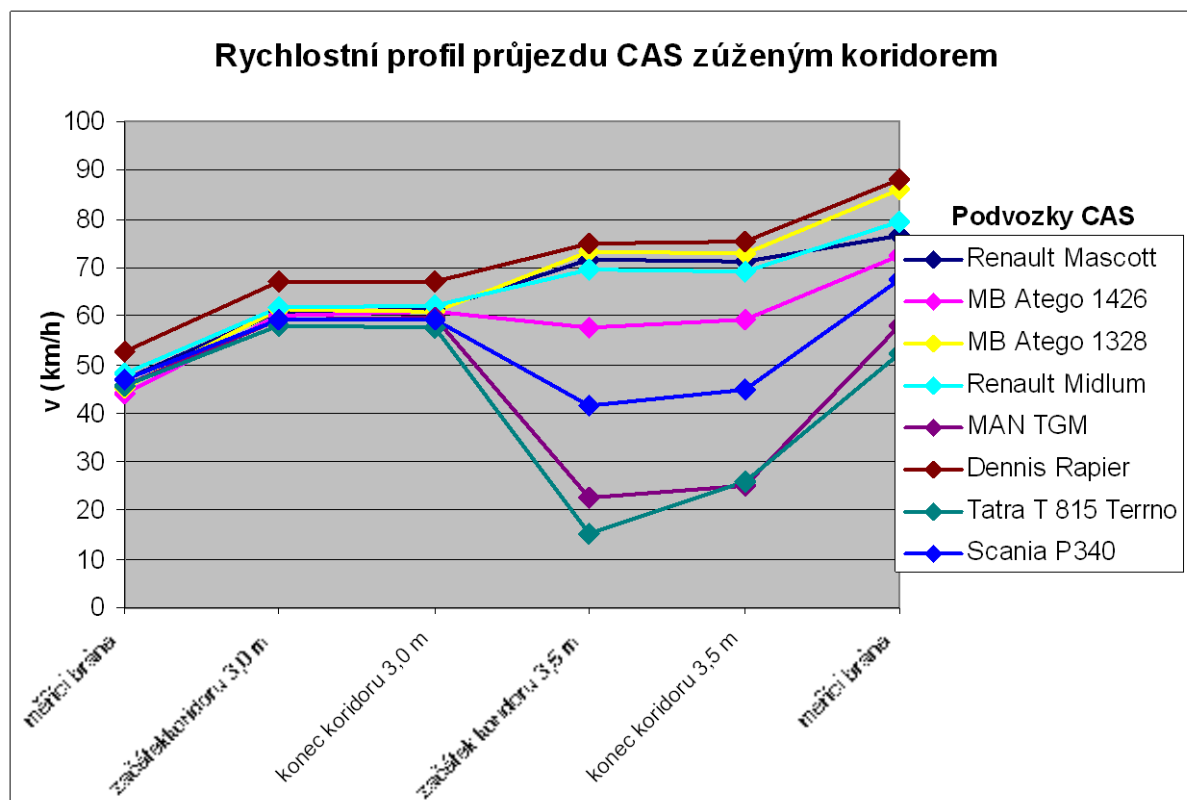
Obr. A.6 Rychlostní profil maximálních rychlostí dosažených měřeními CAS v definovaném úseku tratě



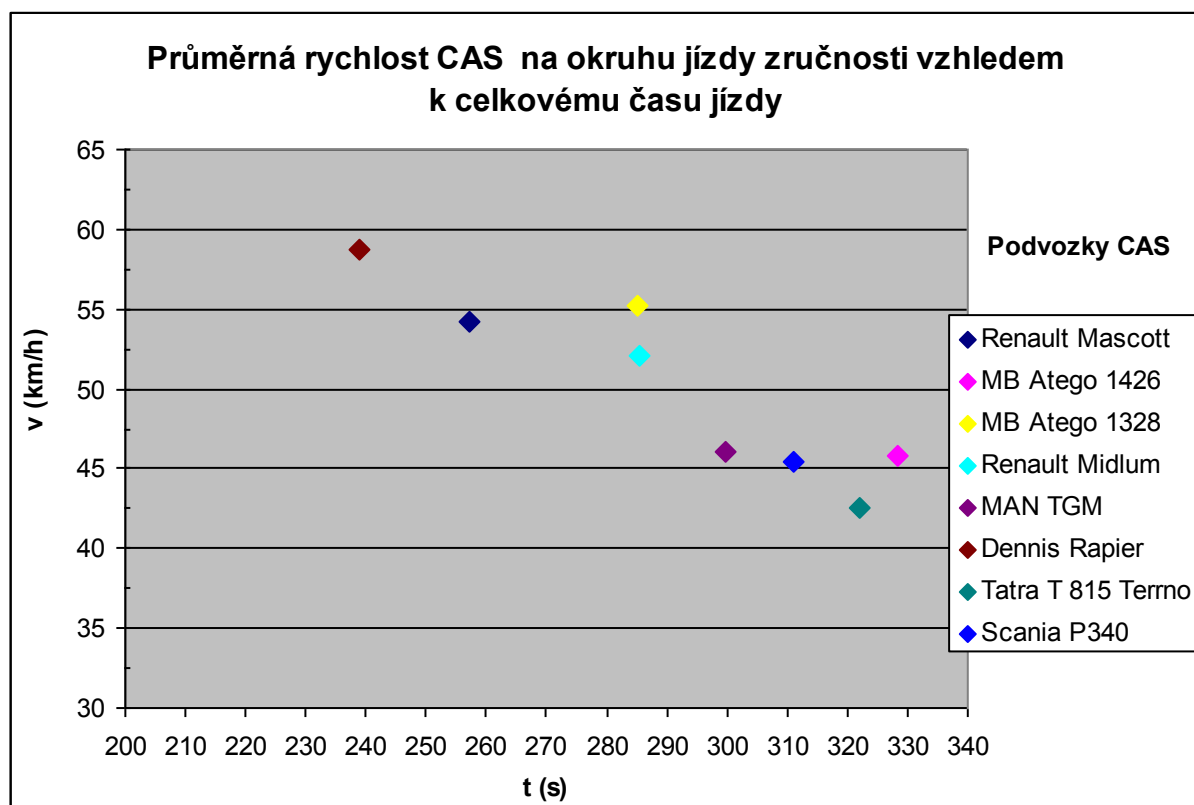
Obr.A. 7 Profil max. zrychlení CAS na definované části tratě



Obr. A.8 Průměrná rychlost a čas průjezdu zúženým jízdním profilem



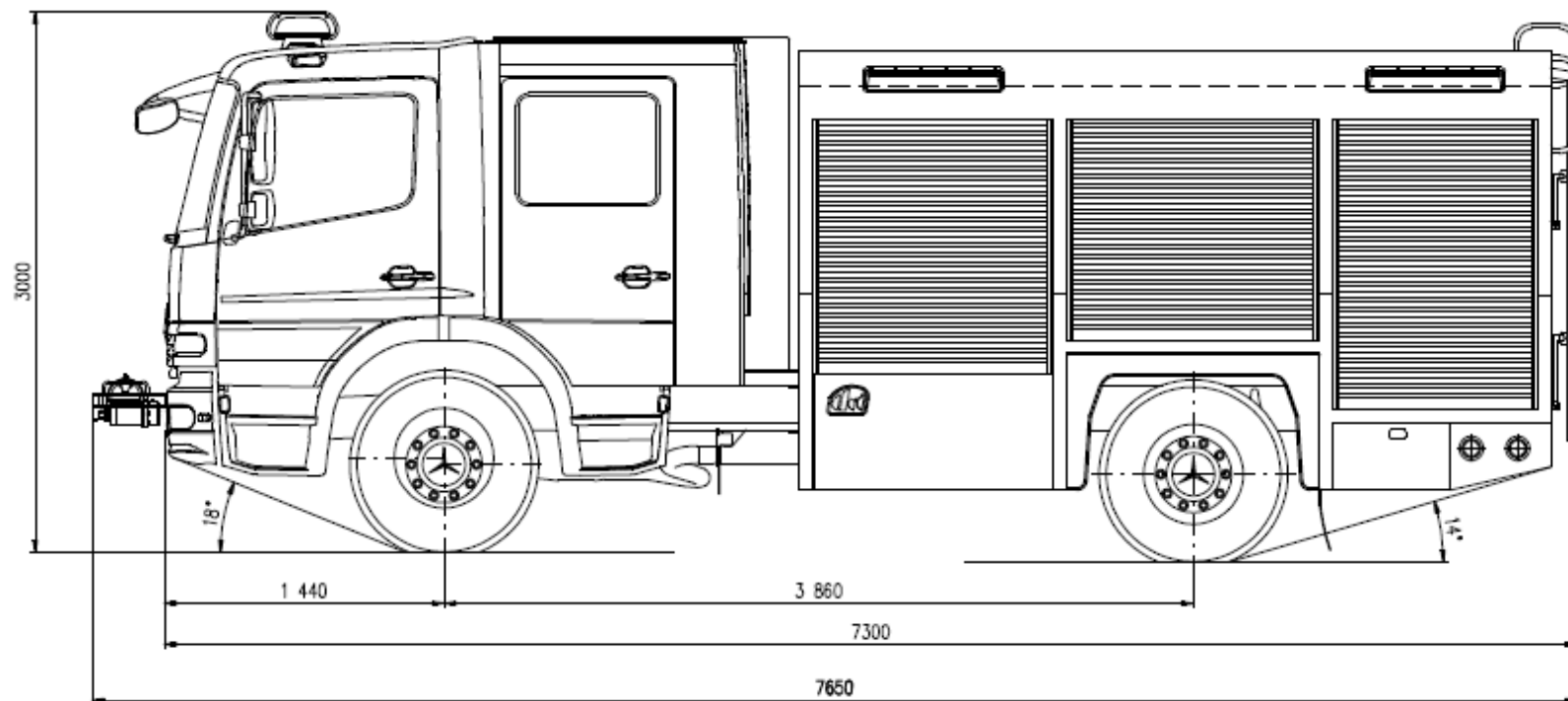
Obr. A. 9 Rychlostní profil průjezdu CAS zúženým koridorem ve směru širšího jízdního profilu



Obr. A.10 Průměrná rychlost a čas jízdy na okruhu simulujícím podmínky městské zástavby

Příloha B

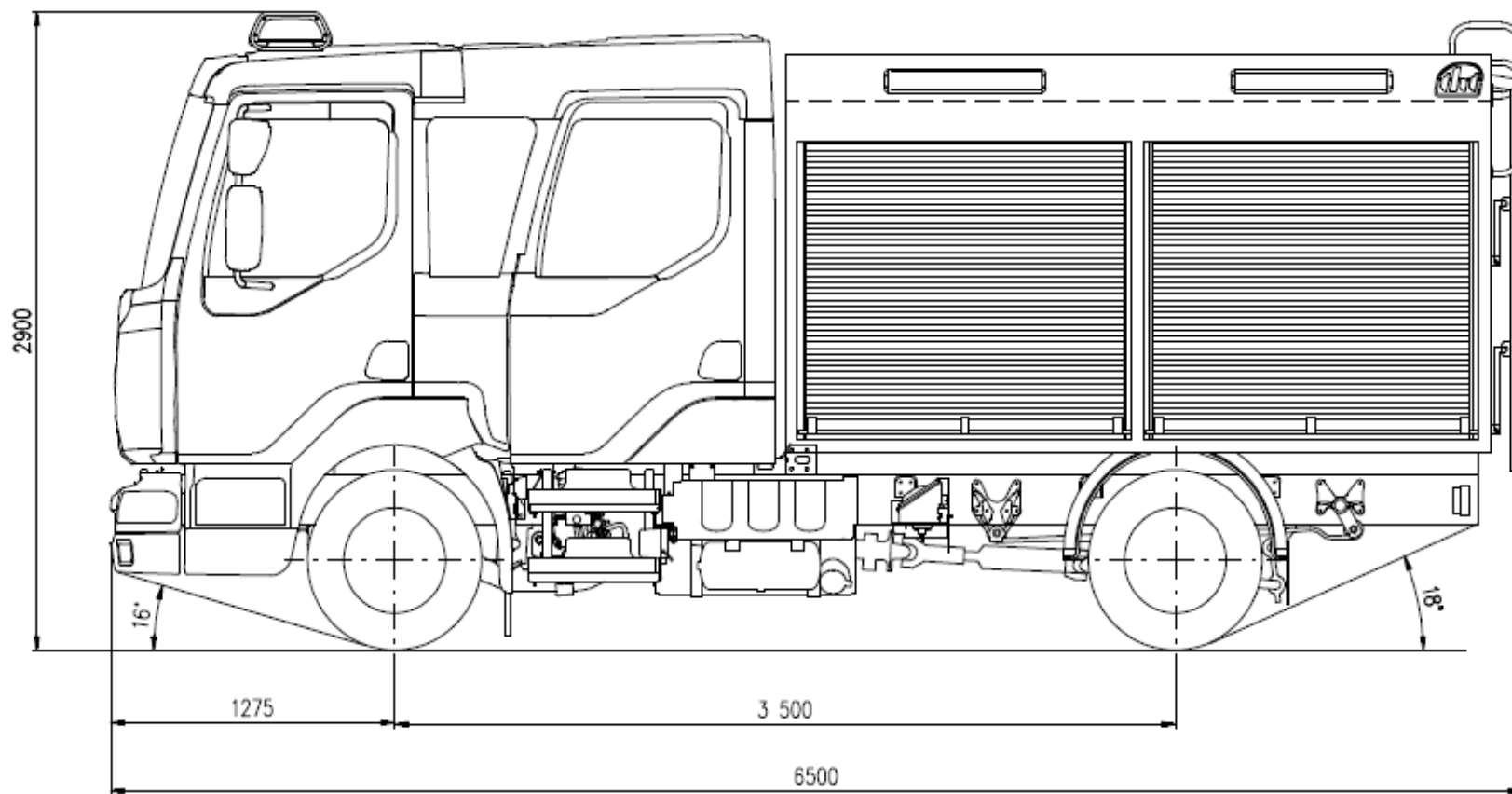
CAS 20/2000/150 – M/1/T Mercedes-Benz ATEGO 1226 F 4x2



Hodnotící kritéria		
CAS 20/2000/150 – M/1/T Mercedes-Benz ATEGO 1226 F 4x2		
	KABINA	
K1	Min.	2 280 mm
K2	Min.	3 000 mm
K3	Max.	1,28 m ²
K4	Max.	1,57 m ²
	PODVOZEK	
K5	Min.	7 300 mm
K6	Min.	3 860 mm
K7	Min.	171 mm
K8	Min.	14,9 m
K9	Max.	6950 kg
	POHÁNĚCÍ SOUSTAVA	
K10	Max.	15,67 kW·t ⁻¹
K11	Min.	-- s
K12	Max.	plně automatická (1)
	EKONOMIKA PROVOZU	
K13	Min.	4 474 500 Kč
K14	Min.	----- Kč
K15	Min.	----- Kč

Obr. B.1 Studie požárního automobilu CAS 20/2000/150 Mercedes-Benz ATEGO pro provoz do městské zástavby s vyznačením technických parametrů a ekonomických ukazatelů pro kritériální analýzu

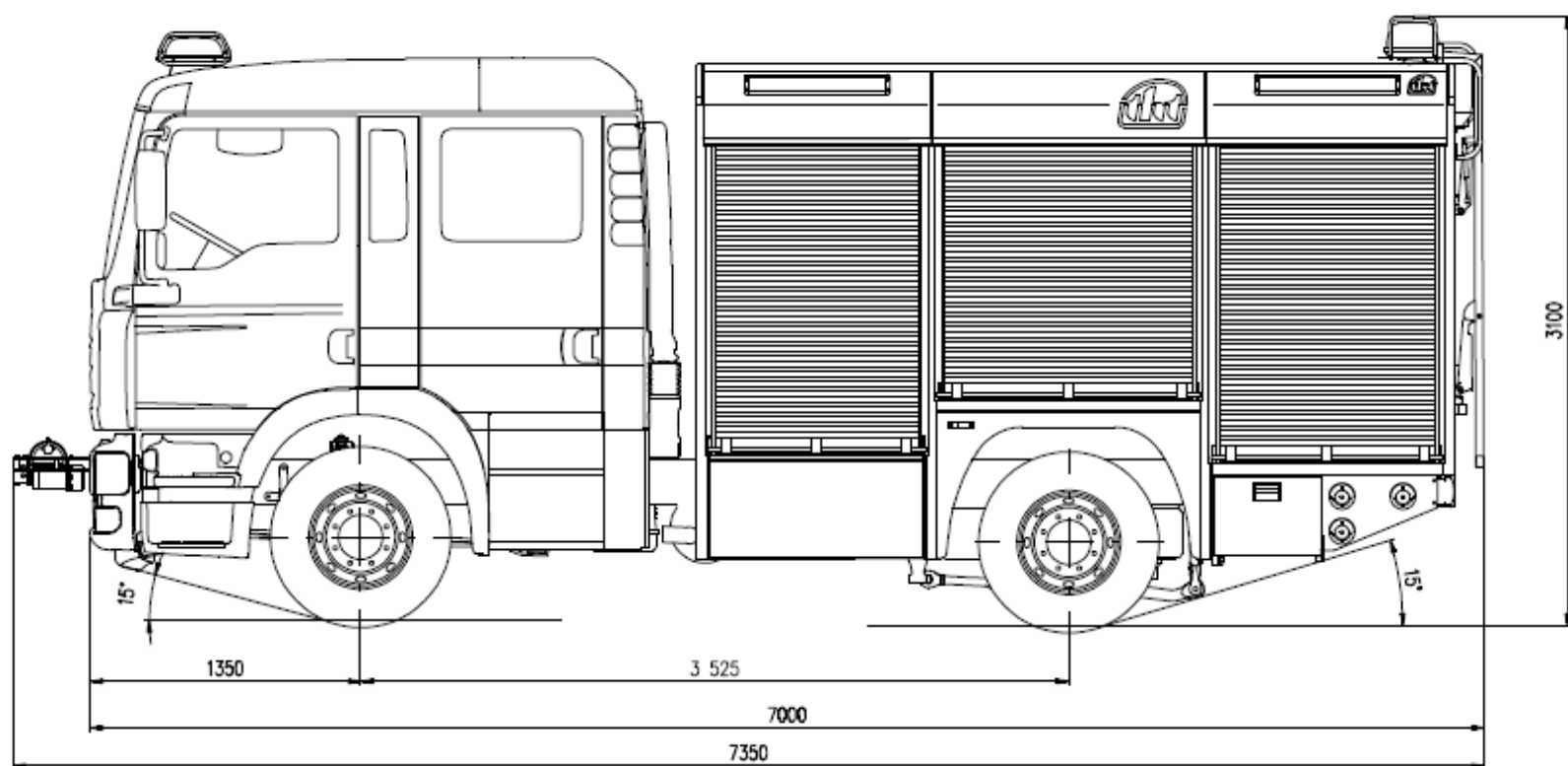
CAS 20/2000/150 – M/1/T RENAULT MIDLUM 300.12 4x2



Hodnoticí kritéria		
CAS 20/2000/150 – M/1/T RENAULT MIDLUM 300.12 4x2		
	KABINA	
K1	Min.	2 280 mm
K2	Min.	2 990 mm
K3	Max.	1,35 m ²
K4	Max.	1,61 m ²
	PODVOZEK	
K5	Min.	7 200 mm
K6	Min.	3 800 mm
K7	Min.	176 mm
K8	Min.	14,6 m
K9	Max.	7168 kg
	POHÁNĚCÍ SOUSTAVA	
K10	Max.	18,09 kW·t ⁻¹
K11	Min.	-- s
K12	Max.	automatizovaná (0,5)
	EKONOMIKA PROVOZU	
K13	Min.	4 076 500 Kč
K14	Min.	----- Kč
K15	Min.	----- Kč

Obr. B.2 Koncept požárního automobilu CAS 20/2000/150 Renault Midlum pro provoz do městské zástavby s vyznačením technických parametrů a ekonomických ukazatelů pro kritériální analýzu

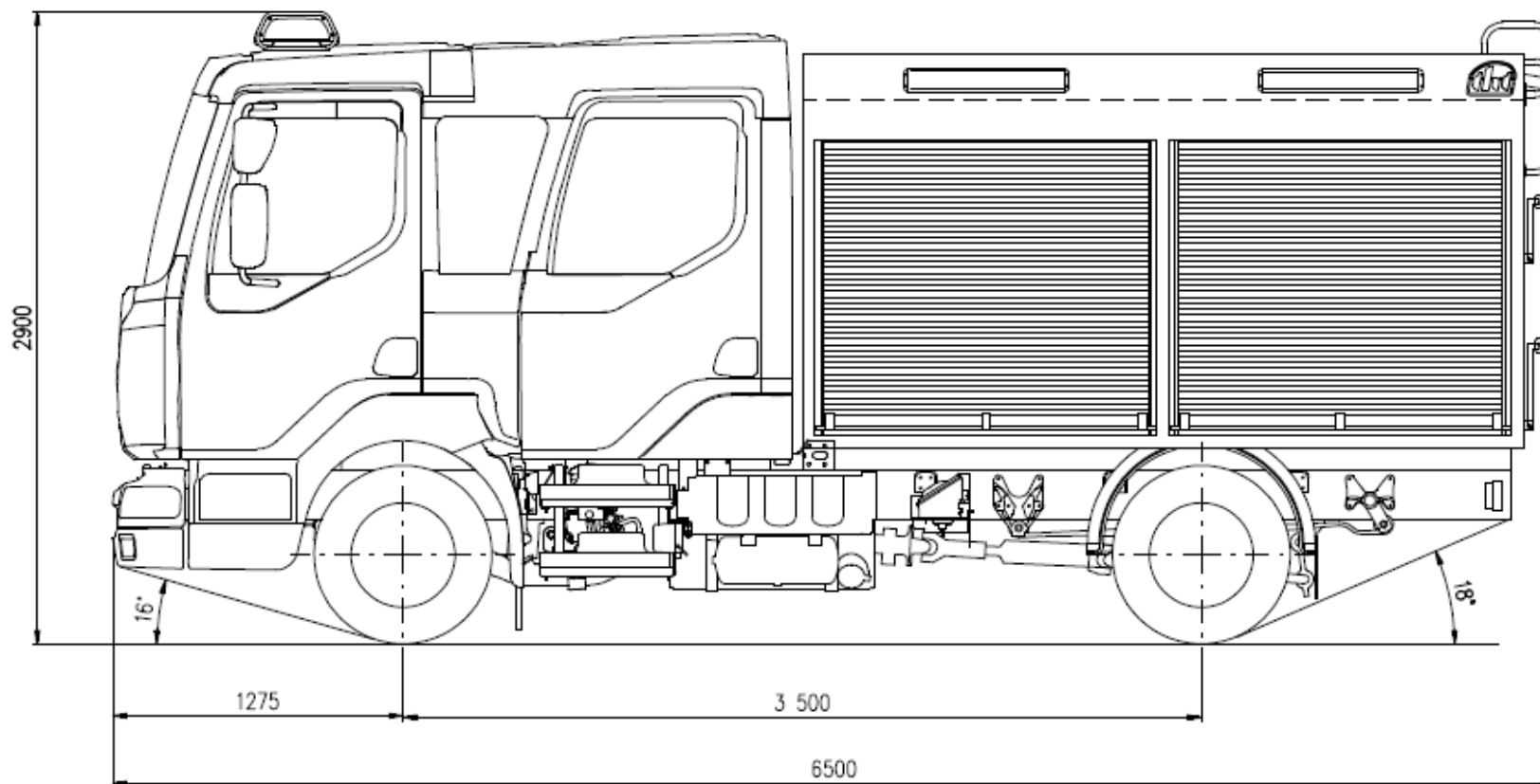
CAS 20/2000/150 – M/1/T MAN TGM 12.290 4x2 BL



Hodnoticí kritéria		
CAS 20/2000/150 – M/1/T MAN TGM 12.290 4x2 BL		
	KABINA	
K1	Min.	2 400 mm
K2	Min.	3 100 mm
K3	Max.	1,13 m ²
K4	Max.	1,65 m ²
	PODVOZEK	
K5	Min.	7 000 mm
K6	Min.	3 525 mm
K7	Min.	174 mm
K8	Min.	15 m
K9	Max.	6695 kg
	POHÁNĚCÍ SOUSTAVA	
K10	Max.	17,75 kW·t ⁻¹
K11	Min.	-- s
K12	Max.	plně automatická (1)
	EKONOMIKA PROVOZU	
K13	Min.	4 183 000 Kč
K14	Min.	----- Kč
K15	Min.	----- Kč

Obr. B.3 Studie požárního automobilu CAS 20/2000/150 MAN TGM pro provoz do městské zástavby s vyznačením technických parametrů a ekonomických ukazatelů pro kritériální analýzu

AS 10/1000 – L/1/Z(T) Renault Midlum 220.08 4x2

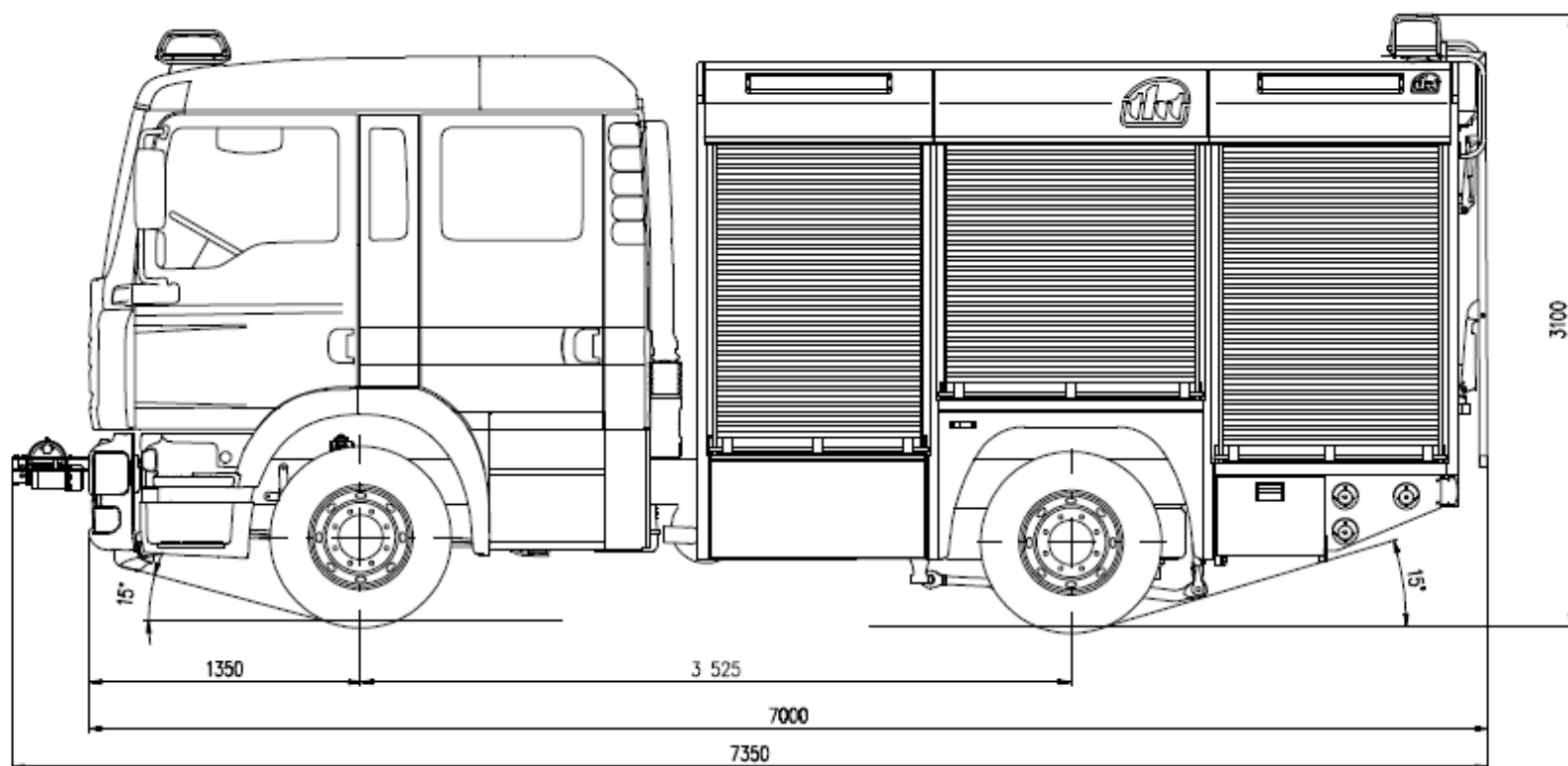


Pozn. Na obrázku je vyznačena první varianta vozidla s rozvorem 3,500 mm, která má oproti druhé verzi jiný systém odpružení zadní nápravy.

Hodnotící kritéria AS 10/1000 – L/1/Z(T) Renault Midlum 220.08 4x2		
KABINA		
K1	Min.	2 250 mm (varianta 1 i 2)
K2	Min.	2 990 mm (varianta 1 i 2)
K3	Max.	1,35 m ² (varianta 1 i 2)
K4	Max.	1,61 m ² (varianta 1 i 2)
PODVOZEK		
K5	Min.	6 500 mm (varianta 1 i 2)
K6	Min.	3 500 mm (var.1), 3 800 mm (var.2)
K7	Min.	190 mm (varianta 1 i 2)
K8	Min.	14 m (var.1), 14,5 m (var.2)
K9	Max.	3 410 kg (var.1), 3 146 kg (var.2)
POHÁNĚCÍ SOUSTAVA		
K10	Max.	21,49 kW·t ⁻¹ (var.1)
K11	Min.	28 s (var.1)
K12	Max.	plně automatická (1) (varianta 1 i 2)
EKONOMIKA PROVOZU		
K13	Min.	3 466 750 Kč (var.1), 3 552 500 Kč (var.2)
K14	Min.	42 680 Kč (varianta 1 i 2)
K15	Min.	199 600 Kč (varianta 1 i 2)

Obr. B.4 Koncept požárního automobilu AS 10/1000 Renault Midlum ve dvou verzích (variantách) pro provoz do městské zástavby s vyznačením technických parametrů a ekonomických ukazatelů pro kritériální analýzu

AS 10/1000 – L/1/Z(T) MAN TGL 8.250 4x2 BL



Hodnotící kritéria		
AS 10/1000 – L/1/Z(T) MAN TGL 8.250 4x2 BL		
	KABINA	
K1	Min.	2 400 mm
K2	Min.	3 100 mm
K3	Max.	1,13 m ²
K4	Max.	1,65 m ²
	PODVOZEK	
K5	Min.	7 000 mm
K6	Min.	3 600 mm
K7	Min.	145 mm
K8	Min.	14 m
K9	Max.	3005 kg
	POHÁNĚCÍ SOUSTAVA	
K10	Max.	24,56 kW·t ⁻¹
K11	Min.	-- s
K12	Max.	plně automatická (1)
	EKONOMIKA PROVOZU	
K13	Min.	3 648 450 Kč
K14	Min.	----- Kč
K15	Min.	----- Kč

Obr. B.5 Studie požárního automobilu AS 10/1000 MAN TGL pro provoz do městské zástavby s vyznačením technických parametrů a ekonomických ukazatelů pro kritériální analýzu

Příloha B

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Počet kritérií	12											
2	Počet variant návrhů	11	Součet výsledných vah kritérií je roven 100%, resp. 1.										
3	Pořadí/Procenta = 1/0	0											
4	Názvy kritérií	Šířka kabiny (vozidla)	Výška kabiny (vozidla)	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha)	Průhledová plocha (rozměry) předního skla	Délka podvozku (vozidla)	Rozvor kol	Světlá výška podvozku	Obrysový (stopový) průměr zatáčení	Nosnost podvozku	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný)	Druh převodovky (man-poloauto-auto)	Požizovací cena
5	Váhy kritérií	0,1070	0,0647	0,0773	0,0137	0,0862	0,1118	0,0357	0,1383	0,0898	0,1171	0,0980	0,0603
6													
7	Variety návrhůKritéria	Šířka kabiny (vozidla)	Výška kabiny (vozidla)	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha)	Průhledová plocha (rozměry) předního skla	Délka podvozku (vozidla)	Rozvor kol	Světlá výška podvozku	Obrysový (stopový) průměr zatáčení	Nosnost podvozku	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný)	Druh převodovky (man-poloauto-auto)	Požizovací cena
8	Odborník 1	0,11	0,06	0,07	0,01	0,06	0,11	0,06	0,13	0,05	0,13	0,13	0,07
9	Odborník 2	0,17	0,02	0,11	0,02	0,06	0,05	0,05	0,09	0,11	0,15	0,11	0,09
10	Odborník 3	0,09	0,07	0,09	0,01	0,06	0,12	0,01	0,13	0,16	0,15	0,06	0,04
11	Odborník 4	0,06	0,03	0,16	0,04	0,09	0,13	0,10	0,14	0,10	0,10	0,03	0,01
12	Odborník 5	0,05	0,02	0,12	0,07	0,04	0,07	0,05	0,11	0,12	0,13	0,13	0,07
13	Odborník 6	0,07	0,01	0,07	0,06	0,09	0,16	0,03	0,16	0,06	0,12	0,13	0,01
14	Odborník 7	0,13	0,07	0,01	0,07	0,11	0,14	0,03	0,14	0,04	0,07	0,16	0,01
15	Odborník 8	0,12	0,08	0,08	0,01	0,13	0,13	0,04	0,13	0,06	0,13	0,04	0,05
16	Odborník 9	0,11	0,10	0,02	0,01	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,01
17	Odborník 10	0,06	0,06	0,03	0,13	0,09	0,10	0,01	0,16	0,12	0,06	0,01	0,15
18	Odborník 11	0,16	0,15	0,04	0,01	0,09	0,06	0,03	0,13	0,01	0,07	0,12	0,10
19	Medián	0,11	0,06	0,07	0,02	0,09	0,11	0,04	0,13	0,10	0,12	0,11	0,05
20	Odborník 1	0,0000	0,0000	0,0023	0,0031	0,0293	0,0000	0,0245	0,0000	0,0533	0,0131	0,0214	0,0247
21	Odborník 2	0,0582	0,0451	0,0314	0,0000	0,0289	0,0630	0,0097	0,0416	0,0046	0,0321	0,0051	0,0433
22	Odborník 3	0,0202	0,0133	0,0136	0,0004	0,0307	0,0092	0,0210	0,0002	0,0603	0,0277	0,0523	0,0035
23	Odborník 4	0,0505	0,0313	0,0848	0,0283	0,0026	0,0220	0,0657	0,0124	0,0000	0,0180	0,0821	0,0331
24	Odborník 5	0,0597	0,0359	0,0473	0,0580	0,0530	0,0353	0,0131	0,0228	0,0205	0,0147	0,0230	0,0256
25	Odborník 6	0,0338	0,0453	0,0000	0,0445	0,0000	0,0557	0,0059	0,0316	0,0417	0,0000	0,0232	0,0327
26	Odborník 7	0,0201	0,0112	0,0603	0,0563	0,0247	0,0344	0,0071	0,0103	0,0586	0,0480	0,0460	0,0333
27	Odborník 8	0,0106	0,0231	0,0087	0,0032	0,0414	0,0225	0,0000	0,0016	0,0419	0,0115	0,0754	0,0000
28	Odborník 9	0,0027	0,0408	0,0544	0,0051	0,0014	0,0074	0,0754	0,0214	0,0097	0,0083	0,0000	0,0375
29	Odborník 10	0,0487	0,0005	0,0448	0,1192	0,0000	0,0040	0,0208	0,0316	0,0180	0,0597	0,0962	0,1016
30	Odborník 11	0,0557	0,0890	0,0299	0,0002	0,0000	0,0487	0,0059	0,0018	0,0865	0,0448	0,0083	0,0569
31	MAD	0,0338	0,0313	0,0314	0,0051	0,0247	0,0225	0,0131	0,0124	0,0417	0,0180	0,0232	0,0331
32	Mediánová souřadnice	0,2588	0,1993	0,2145	0,0376	0,1996	0,2086	0,0938	0,1877	0,2872	0,1993	0,2144	0,1950

Obr. B.6 Výsledek statistického zpracování souboru vah kritérií od 11 odborníků a určení finálního vektoru vah pro analýzu

Příloha B

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Počet kritérií	12											
2	Počet variant	3											
3													
4													
5	Názvy kritérií	Šířka kabiny (vozidla) mm	Výška kabiny (vozidla) mm	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha) m ²	Průhledová plocha (rozměry) předního skla m ²	Délka podvozku (vozidla) mm	Rozvor kol mm	Světlá výška podvozku mm	Obrysový (stopový) průměr zatáčení m	Nosnost podvozku kg	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný) kW/t	Druh převodovky (auto-poloauto-man) 1	Požizovací cena Kč
6	Lepší/Horší = 1/0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
7	Váhy kritérií	0,1070	0,0647	0,0773	0,0137	0,0862	0,1118	0,0357	0,1383	0,0898	0,1171	0,0980	0,0603
8													
9													
10	Variety/Kritéria	Šířka kabiny (vozidla)	Výška kabiny (vozidla)	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha)	Průhledová plocha (rozměry) předního skla	Délka podvozku (vozidla)	Rozvor kol	Světlá výška podvozku	Obrysový (stopový) průměr zatáčení	Nosnost podvozku	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný)	Druh převodovky (auto-poloauto-man)	Požizovací cena
11	Renault Midlum (1) 220.08 4x2	2250	2990	1,35	1,61	6500	3500	190	14,0	3410	21,49	1,0	3466750
12	Renault Midlum (2) 220.08 4x2	2250	2990	1,35	1,61	6500	3800	190	14,5	3146	21,49	1,0	3552500
13	MAN TGL 8.250 4x2 BL	2400	3100	1,13	1,65	7000	3600	145	14,1	3005	24,56	1,0	3648450

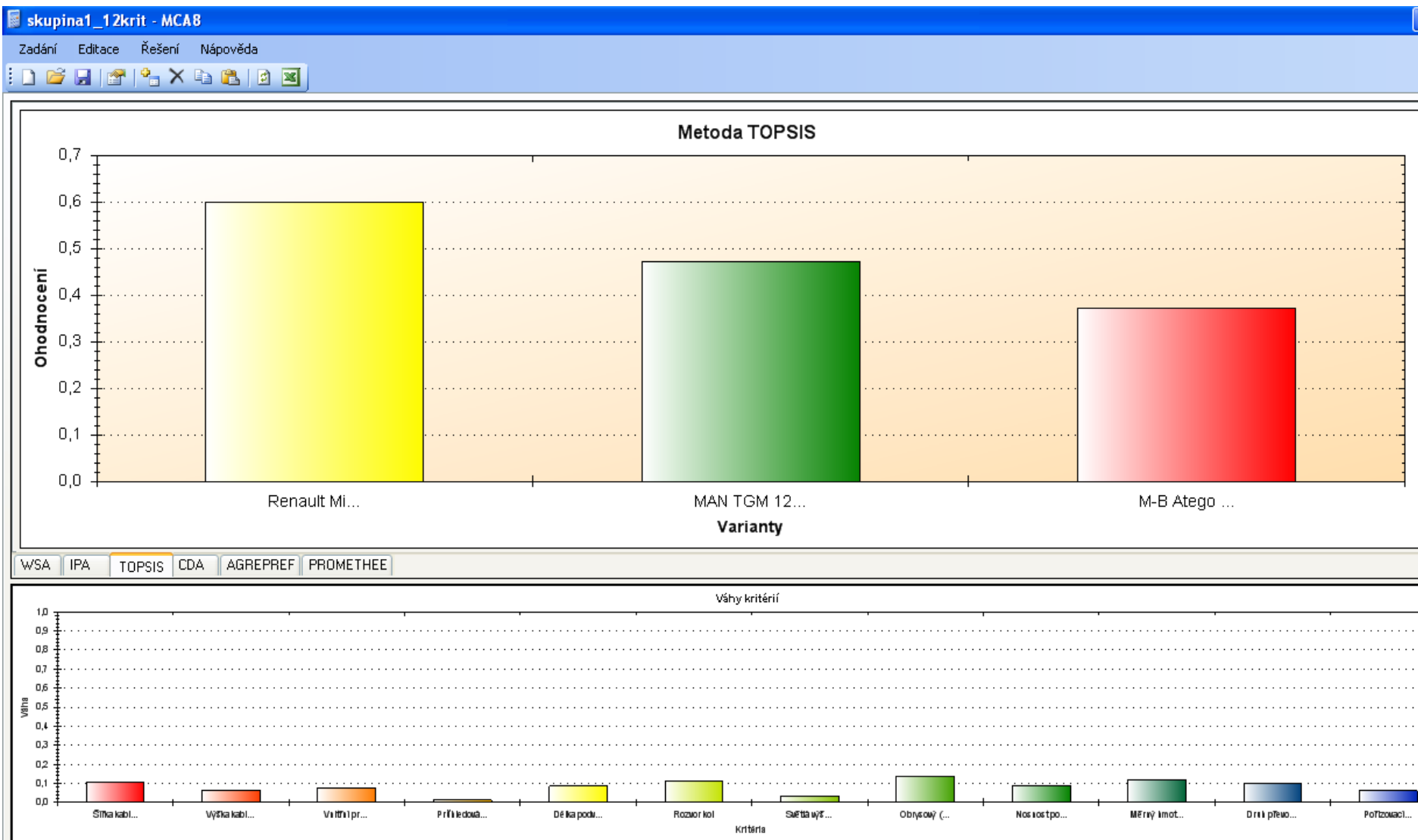
Obr. B.7 Kriteriační matice pro první skupinu hodnocených variant požárních automobilů (hm. třída M)

Příloha B

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Počet kritérií	12											
2	Počet variant	3											
3													
4													
5	Názvy kritérií	Šířka kabiny (vozidla) mm	Výška kabiny (vozidla) mm	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha) m2	Průhledová plocha (rozměry) předního skla m2	Délka podvozku (vozidla) mm	Rozvor kol mm	Světlá výška podvozku mm	Obrysový (stopový) průměr zatáčení m	Nosnost podvozku kg	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný) kW/t	Druh převodovky (auto-poloauto-man) 1	Pořizovací cena Kč
6	Lepší/Horší = 1/0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
7	Váhy kritérií	0,1070	0,0647	0,0773	0,0137	0,0862	0,1118	0,0357	0,1383	0,0898	0,1171	0,0980	0,0603
8													
9													
10	Varianty/Kritéria	Šířka kabiny (vozidla)	Výška kabiny (vozidla)	Vnitřní prostor pro osádku (rozměry, plocha)	Průhledová plocha (rozměry) předního skla	Délka podvozku (vozidla)	Rozvor kol	Světlá výška podvozku	Obrysový (stopový) průměr zatáčení	Nosnost podvozku	Měrný hmotnostní výkon (skutečně projektovaný)	Druh převodovky (auto-poloauto-man)	Pořizovací cena
11	Renault Midlum (1) 220.08 4x2	2250	2990	1,35	1,61	6500	3500	190	14,0	3410	21,49	1,0	3466750
12	Renault Midlum (2) 220.08 4x2	2250	2990	1,35	1,61	6500	3800	190	14,5	3146	21,49	1,0	3552500
13	MAN TGL 8.250 4x2 BL	2400	3100	1,13	1,65	7000	3600	145	14,1	3005	24,56	1,0	3648450

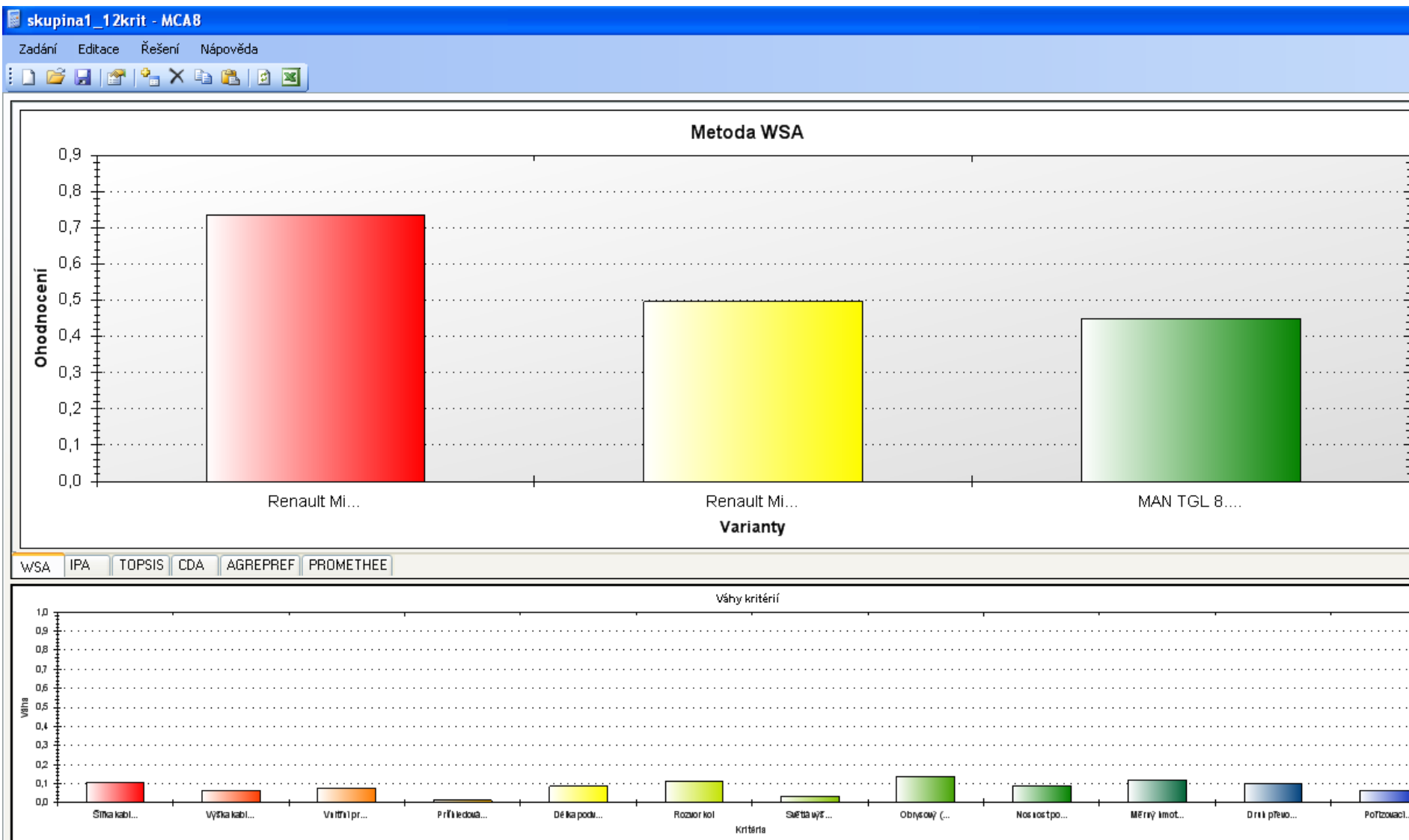
Obr. B.8 Kriteriační matice pro druhou skupinu hodnocených variant požárních automobilů (hm. třída L)

Příloha B



Obr. B.9 Grafický výstup rozhodovací úlohy zjišťující optimální variantu v střední hm. třídě
(konkrétně je zde uvedeno hodnocení metodou TOPSIS {horní grafy}, dolní grafy vyjadřují důležitost vah kritérií na číselné ose)

Příloha B



Obr. B.10 Grafický výstup rozhodovací úlohy zjišťující optimální variantu v lehké hm. třídě
(konkrétně je zde uvedeno hodnocení metodou WSA – Vážených součtů {horní grafy}, dolní grafy vyjadřují důležitost vah kritérií na číselné ose)